



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

MOVIMIENTOS OCULARES EN LECTURA. EFECTO DEL ERROR PRISMÁTICO EN LA PRESCRIPCIÓN

LIDIA MULLOR PICAZO

ROSA BORRÀS GARCÍA
JUAN CARLOS ONDATEGUI PARRA
DEPARTAMENTO DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

20 de Junio del 2016



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

El Sr. JUAN CARLOS ONDATEGUI PARRA, como tutor del trabajo
y la Sra. ROSA BORRÀS GARCÍA como directora del trabajo,

CERTIFICA/CERTIFIQUEN

Que la Sra. LIDIA MULLOR PICAZO ha realizado bajo su supervisión
el trabajo MOVIMIENTOS OCULARES EN LECTURA. EFECTO DEL
ERROR PRISMÁTICO EN LA PRESCRIPCIÓN recogido en esta
memoria para optar al título de máster en Optometría y Ciencias de
la Visión.

Y para que conste, firmamos este certificado.

Sr. JUAN CARLOS ONDATEGUI PARRA

Tutor del TFM

Sra. ROSA BORRÀS GARCÍA

Directora del TFM

Terrassa, 20 de Junio de 2016

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTOS

Antes de profundizar en el estudio, quería agradecer a todas esas personas que me han ayudado a poder realizar este trabajo.

En primer lugar, agradecer a Rosa y Juan Carlos todo el tiempo dedicado, las explicaciones, sus consejos y la gran ayuda durante el desarrollo de todo el trabajo.

A Ainhoa y Txus por todas las horas de trabajo que hemos compartido juntos.

A Anna por todo el apoyo y las muchísimas horas juntas a lo largo de todos estos meses.

A todos mis amigos, primos y pacientes que han querido participar voluntariamente como sujetos en el estudio y que sin lugar a duda no hubiese sido posible sin ellos.

A Hanan y Nataly, compañeras de profesión, por todo lo que me han aportado desde que las conozco y por su apoyo incondicional a lo largo de estos dos años de máster.

Y por último, a mis padres, hermano y pareja, por creer en mí, por toda la paciencia que habéis tenido y por apoyarme siempre en todo lo que hago.

Muchas gracias a todos,

Lidia Mullor Picazo



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

MOVIMIENTOS OCULARES EN LECTURA. EFECTO DEL ERROR PRISMÁTICO EN LA PRESCRIPCIÓN

RESUMEN

Objetivo: Analizar el efecto de prismas de baja potencia sobre los movimientos oculares durante la lectura, mediante un eye tracker, y su efecto sobre el retardo acomodativo, mediante un autorefractómetro.

Metodología: Se evalúan a 28 jóvenes universitarios sin disfunciones binoculares en dos sesiones de medidas, una dónde se evalúan los movimientos oculares mediante el EyeLink 1000Plus, y una segunda dónde medimos la refracción en visión lejana y visión próxima, mediante el Autorefractómetro Grand Seiko WAM 5500, que nos permitirá obtener el retardo acomodativo. Se realizaron las medidas en condiciones habituales y con la anteposición de 2 y 5 dioptrías prismáticas, tanto de base nasal como temporal.

Resultados: Obtenemos diferencias significativas en los movimientos oculares para el porcentaje de regresiones realizadas durante la lectura. Siendo mayor para los prismas de base temporal, con una diferencia respecto al habitual de $10,91\% \pm 7,39$ y $25,57\% \pm 5,65$ ($p < 0,001$). La amplitud en el eje Y de los saltos de línea y sacádicos, aumentan con la anteposición de los diferentes prismas. En condiciones habituales a mayor duración de la lectura, mayor es el número de sacádicos y número y duración de fijaciones. A menor duración del tiempo de lectura, menor es la amplitud de las fijaciones y de los sacádicos en caracteres.

Conclusiones: Los prismas de baja potencia, en sujetos sanos, inducen cambios significativos en los movimientos oculares, principalmente, en el porcentaje de regresiones y la amplitud en el eje Y de los saltos de línea y sacádicos, provocando una dificultad en la localización vertical durante la lectura. Los distintos prismas antepuestos no provocan ningún cambio significativo en el retardo acomodativo.



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

MOVIMENTS OCULARS EN LECTURA. EFECTE DE L'ERROR PRISMÀTIC EN LA PRESCRIPCIÓ

RESUM

Objectiu: Analitzar l'efecte dels prismes de baixa potencia sobre els moviments oculars durant la lectura, mitjançant un eye tracker, i el seu efecte sobre el retard acomodatiu, mitjançant un autorefractòmetre.

Metodologia: Avaluació de 28 joves universitaris sense disfuncions binoculars en dos sessions de mesures, una on s'avaluen els moviments oculars mitjançant l'EyeLink 1000 Plus, i una segona sessió on mesurem la refracció en visió llunyana i en visió pròxima, mitjançant l'Autorefractòmetre Grand Seiko WAM 5500, que ens permetrà l'obtenció del retard acomodatiu. Les mesures es van realitzar en condicions habituals i amb l'anteposició de 2 i 5 diòptries prismàtiques, tant de base nasal com temporal.

Resultats: Obtenim diferències significatives en els moviments oculars pel percentatge de regressions realitzades durant la lectura. La diferència és major pels prismes de base temporal, amb diferències respecte l'habitual de $10,91\% \pm 7,39$ y $25,57\% \pm 5,65$ ($p < 0,001$). L'amplitud en el eix Y dels salts de línia i dels sacàdics, augmenten amb l'anteposició dels diferents prismes. En condicions habituals a major duració de la lectura, major nombre i durada de fixacions i nombre de sacàdics. A menor durada del temps de lectura, menor és l'amplada de les fixacions i dels sacàdics en caràcters.

Conclusions: Els prismes de baixa potencia, en subjectes sans, impliquen canvis significatius en els moviments oculars, principalment, en el percentatge de regressions i l'amplitud en el eix Y dels salts de línia i dels sacàdics, provocant una dificultat en la localització vertical durant la lectura. Els diferents prismes anteposats no provoquen cap canvi significatiu en el retard acomodatiu.



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

OCULAR MOVEMENTS DURING READING. EFFECT OF PRISMATIC ERROR IN PRESCRIPTION

ABSTRACT

Purpose: To analyse the effect of low power prisms on eye movements, measured by eye tracker, and the effect on accommodation lag, measured by an autorefractometer during the reading process.

Methods: 28 young subjects without binocular vision dysfunctions were underwent in two examination sessions. In the first session, the eye movements have been evaluated by Eye Link 1000 Plus and, in the second one, the refractive error in far and near vision were measured, using the Autorefractometer Grand Seiko WAM 5500, and we calculated the accommodative lag. We measured in normal conditions and with 2 and 5 prism diopters, both in and out base.

Results: The results obtained from eye movements showed statically significant differences in regressions percentage during the reading process. The results were more significant with prism-out. The difference with the normal condition percentage of regressions were $10,91\% \pm 7,39$ and the results with 5Δ BT are $25,57\% \pm 5,65$ ($p < 0,001$). In normal conditions, to longer time reading involves a greater number of saccadic and number and length of fixations. To less time reading involves a lower amplitude of saccadic and fixations in characters.

Conclusions: Low power prisms in subjects, without binocular vision dysfunctions, do not induce significant changes in eye movements during reading. It's seems to due to prism adaptation, except in percentage of regressions and line breaks. Does not exist connection between the different binocular condition with low power prism and the accommodation lag.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTADO DEL ARTE	3
2.1 MOTILIDAD OCULAR Y LECTURA	3
2.1.1 Movimientos oculares	3
2.1.2 Músculos extraoculares	4
2.1.3 Movimientos para el desplazamiento de la mirada	6
2.1.4 Adaptación al prisma	13
2.1.5 Métodos de evaluación de los movimientos oculares	14
2.2 RESPUESTA ACOMODATIVA Y LECTURA	17
2.2.1 Mecanismo de la acomodación	17
2.2.2 Efecto de los prismas en acomodación	18
2.2.3 Técnicas de medida de la acomodación	18
2.3. LECTURA	19
3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	22
3.1 OBJETIVOS GENERALES	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. INSTRUMENTACIÓN	23
4.1 MATERIAL NECESARIO PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA	23
4.2 INSTRUMENTACIÓN Y MATERIAL NECESARIO PARA EL ESTUDIO	23
5. METODOLOGÍA	27
5.1 CONSIDERACIONES ÉTICAS	27
5.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	27
5.3 PARÁMETROS DEL ESTUDIO	28
5.4 PROTOCOLO DE MEDIDA	29
6. INTERPRETACIÓN DE REGISTROS	32
6.1 OBTENCIÓN DE DATOS	32
6.2 CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS OCULARES	34
6.3 CARACTERIZACIÓN DEL RETARDO ACOMODATIVO	36
6.4 TRATAMIENTO DE DATOS	37
7. RESULTADOS	38
7.1 TRATAMIENTO DE DATOS	38
7.2 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	40
7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES DURANTE LA LECTURA	40

7.4 DESCRIPCIÓN DEL RETARDO ACOMODATIVO	44
7.5 EFECTO DE LOS PRISMAS EN LOS MOVIMIENTOS OCULARES DURANTE LA LECTURA ..	44
7.6 EFECTO DE LOS PRISMAS EN EL RETARDO ACOMODATIVO	49
8. DISCUSIÓN	50
8.1 EFECTO DE LOS PRISMAS DE BAJA POTENCIA EN LOS MOVIMIENTOS OCULARES DURANTE LA LECTURA.....	50
8.2 EFECTO DE LOS PRISMAS DE BAJA POTENCIA EN EL RETARDO ACOMODATIVO	51
9. CONCLUSIÓN.....	53
10. BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado

Anexo 2: Ficha de inclusión/exclusión del estudio

Anexo 3: Tablas de aleatoriedad

Anexo 4: Textos

Anexo 5: Preguntas de la comprensión lectora de los textos

Anexo 6: Tabla de repetitividad entre las medidas en condiciones habituales 1 y 2

Anexo 7: Tabla de correlaciones entre las variables de los movimientos oculares durante la lectura

Anexo 8: Estudio de la varianza de los efectos prismáticos en el retardo acomodativo

Anexo 9: Estudio de la varianza y post-Hoc de Bonferroni de los efectos prismáticos en los movimientos oculares durante la lectura

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Representación de los 3 ejes primarios a través del centro de rotación

Figura 2.2. Representación de los seis músculos extraoculares

Figura 2.3. Representación temporal de los músculos extraoculares

Figura 2.4. Representación de un movimiento ocular rápido (MOR) en respuesta a un desplazamiento del objeto hacia la derecha, en la que se ilustran la latencia (200ms) y la trayectoria del MOR

Figura 2.5. Ejemplo de los movimientos oculares de una persona durante la lectura de un texto

Figura 2.6. Representación de un movimiento ocular lento (MOL) en respuesta a un movimiento del objeto de velocidad constante hacia la derecha, en la que se ilustra la latencia (125 ms) del MOL, así como el movimiento sacádico de captura

Figura 2.7. Esquema de registro oculográfico de un movimiento sacádico horizontal en relación con los parámetros básicos. Línea superior representa la diferencia de potencial en el tiempo, correspondiente al grado de rotación horizontal del ojo durante la sacada. La línea inferior es la primera derivada de la superior: velocidad o variación de la posición en el tiempo.

Figura 2.8. Tarjeta test DEM

Figura 2.9. Representación de la prueba de Visagraph

Figura 2.10. Mecanismo de la acomodación

Figura 2.11. Representación de los diferentes movimientos oculares durante la lectura

Figura 4.1. Reflexión corneal y centro pupilar

Figura 4.2. Eyelink 1000 plus camera

Figura 4.3. Ordenador para la presentación de estímulos

Figura 4.4. Esquema representativo de una prueba en el programa Experiment Builder

Figura 4.5. Representación de los movimientos oculares durante la lectura de un texto con el programa Experiment Builder

Figura 4.6. Dimensiones totales WAM 5500

Figura 4.7. Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM 5500

Figura 5.1. Representación de la calibración inicial de la prueba con un participante

Figura 5.2. Representación de un participante realizando lectura de uno de los textos

Figura 5.3. Representación montaje para las mediciones en visión próxima

Figura 6.1. Representación de los datos obtenidos mediante el programa Experiment Builder. Observamos 10 líneas de lectura con sus correspondientes movimientos para cada línea

Figura 6.2. Representación de los datos obtenidos mediante el autorefractómetro WAM 5500 para el id54 en condiciones 5ΔBT

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Funciones, origen e inervación de los músculos extraoculares

Tabla 2.2. Parámetros para la caracterización de los movimientos asociados a la fijación visual.

Tabla 2.3. Principales condiciones patológicas asociadas a la disfunción de los movimientos oculares

Tabla 2.4. Síntomas y signos de las disfunciones de la motilidad ocular

Tabla 2.5. Diagnóstico diferencial de la disfunción de los movimientos sacádicos

Tabla 4.1. Especificaciones técnicas del Eyelink 1000 plus camera

Tabla 4.2. Especificaciones técnicas WAM 5500

Tabla 6.1. Representación de los datos obtenidos mediante el eye tracker para las fijaciones durante la lectura

Tabla 6.2. Representación de los datos obtenidos mediante el eye tracker para los movimientos sacádicos durante la lectura

Tabla 6.3. Representación de los resultados de los movimientos oculares en el archivo Excel una vez tratados

Tabla 6.4. Representación de los resultados del retardo acomodativo en el archivo Excel una vez tratados

Tabla 7.1. Descripción de la base de datos del Eyelink 1000 Plus. Movimientos oculares en lectura

Tabla 7.2. Descripción de la base de datos del WAM 5500. Retardo acomodativo

Tabla 7.3. Descripción de la edad de la muestra total

Tabla 7.4. Descriptivos de los movimientos oculares durante la lectura en condiciones habituales

Tabla 7.5. Parámetros de los movimientos oculares durante la lectura independiente a las características del texto

Tabla 7.6. Correlación entre variables y la duración total de la lectura mediante el coeficiente de Pearson

Tabla 7.7 Descriptivo del retardo acomodativo

Tabla 7.8. Descriptivos de los movimientos sacádicos y fijaciones en las diferentes condiciones de examen

Tabla 7.9. Descriptivos de regresiones y saltos de línea en las diferentes condiciones de examen

Tabla 7.10. Variables estadísticamente significativas obtenidas con ANOVA entre las diferentes variables de las condiciones 2ΔBN, 2ΔBT, 5ΔBN, 5ΔBT y el Habitual 1

Tabla 7.11. Comparación de las variables que tienen una diferencia estadísticamente significativa respecto el Habitual 1 mediante Post-Hoc de Bonferroni

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 7.1. Correlación entre la duración total de lectura y número de fijaciones

Gráfico 7.2. Correlación entre la duración total de lectura y amplitud de las fijaciones en caracteres

Gráfico 7.3. Correlación entre la duración total de lectura y número de fijaciones en 100 palabras

Gráfico 7.4. Correlación entre la duración total de lectura y número de sacádicos

Gráfico 7.5. Correlación entre la duración total de lectura y amplitud sacádico en caracteres

Gráfico 7.6. Representación diagrama barras de error amplitud_Y sacádicos respecto la condición

Gráfico 7.7. Representación diagrama barras de error nº de regresiones respecto la condición

Gráfico 7.8. Representación diagrama barras de error % de regresiones total respecto la condición

Gráfico 7.9. Representación diagrama barras de error nº de saltos de línea respecto la condición

Gráfico 7.10. Representación diagrama barras de error duración saltos de línea respecto la condición

Gráfico 7.11. Representación diagrama barras de error amplitud_Y de saltos de línea respecto la condición

Gráfico 7.12. Representación diagrama barras de error del retardo acomodativo respecto la condición

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual en la que vivimos se desarrolla en un entorno con unas demandas visuales cada vez mayores donde el sentido de la vista es una de las principales capacidades sensoriales de los seres humanos para aprender y relacionarnos.

El proceso de la visión no sólo implica que la persona tenga una buena agudeza visual, sino que hay que tener en consideración muchas otras habilidades durante el desarrollo del sistema visual, como por ejemplo: la motilidad ocular, la coordinación del ojo y la mano, la percepción o la memoria visual entre otras. Todas estas habilidades visuales están relacionadas, y una deficiencia de ellas puede ocasionar problemas en la lectura (velocidad lectora lenta, dificultad en la comprensión, saltarse líneas al leer...). La actividad de la motilidad ocular extrínseca y de la musculatura intrínseca, que permite la acomodación, deben coordinarse constantemente para que tenga lugar una percepción visual normal.

Los movimientos oculares se realizan gracias a los seis músculos externos que rodean parcialmente el globo ocular. De entre los posibles movimientos oculares destacan los movimientos sacádicos que nos permiten rápidamente dirigir nuestro eje visual al punto de interés estimulando la zona de máxima visión de la retina, la fovea, permitiendo un escaneo de la escena.

Existen diferentes métodos clínicos para la valoración de los movimientos oculares. En este estudio hemos decidido valorarlos de forma objetiva mediante el eye tracker, que nos permite obtener unas medidas precisas del efecto que pueden provocar los prismas de baja potencia en los movimientos oculares durante la lectura. Este sistema también se está aplicando en algunas otras áreas, como por ejemplo en el estudio de la atención, la percepción, la detección de enfermedades oculares e incluso el marketing.

En ausencia de prescripción prismática, las lentes oftálmicas deben montarse en la montura de tal forma que su centro óptico coincida con el centro pupilar del usuario en su dirección principal de mirada. Cuando el centro óptico no coincide con el centro pupilar, se producen desequilibrios prismáticos que a su vez inducen un movimiento de vergencia para evitar diplopía.

Hay muy pocas investigaciones en las que se hayan planteado este efecto sobre los movimientos oculares durante la lectura y la respuesta acomodativa. Esta es la motivación para la realización de este estudio.

Para ello, he dividido esta memoria en diez apartados. El primero es esta introducción seguido del apartado del estado del arte en el que se desarrollan los principales conocimientos en los que se basa este estudio.

En el apartado 3 se exponen los objetivos de este estudio. En los apartados 4, 5 y 6 se presentan los instrumentos utilizados en este estudio, la metodología para su realización y la interpretación de los registros obtenidos.

En los apartados 7, 8 y 9 se exponen los resultados, discusión y conclusiones del estudio. Y por último, se detalla la bibliografía utilizada para llevar a cabo toda la investigación y los anexos referenciados en la memoria.

2. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se hace una recopilación de la información más relevante relacionada con nuestro estudio. Introduciremos conceptos con la explicación de los movimientos oculares, su clasificación y funcionalidad y las estructuras que intervienen para poder realizarlos. A continuación, nos centraremos en los movimientos sacádicos y sus posibles disfunciones o alteraciones. También, daremos unas pinceladas sobre la lectura y lo que puede implicar en nuestro estudio, y haremos una descripción de los diferentes métodos que existen actualmente para la valoración clínica de los movimientos sacádicos.

Por último, complementaremos la información con los conceptos de respuesta acomodativa y acomodación, referentes a la segunda parte de este estudio.

2.1 MOTILIDAD OCULAR Y LECTURA

A continuación, haremos una breve explicación de los movimientos oculares y de la musculatura que interviene en esos movimientos, así como su clasificación y las acciones en las que intervienen.

2.1.1 Movimientos oculares

Los movimientos oculares conducen los estímulos visuales del campo periférico al campo visual central, es decir, a la fóvea, y mantener la fijación foveal del objeto en movimiento. Esta captación y fijación de las imágenes en la fóvea, y su estabilización durante los movimientos de la cabeza constituyen las funciones básicas de la motilidad ocular.

Los movimientos oculares son las rotaciones de los ojos en torno a uno o más ejes fijos. Hay 3 ejes primarios que pasan a través del centro de rotación del globo ocular formando ángulos rectos entre sí (Figura 2.1). Los movimientos rotatorios se producen en el eje vertical, y las abducciones y adducciones en el eje horizontal. Estos movimientos llevarán a los ojos a posiciones secundarias (Bernal, 2012).

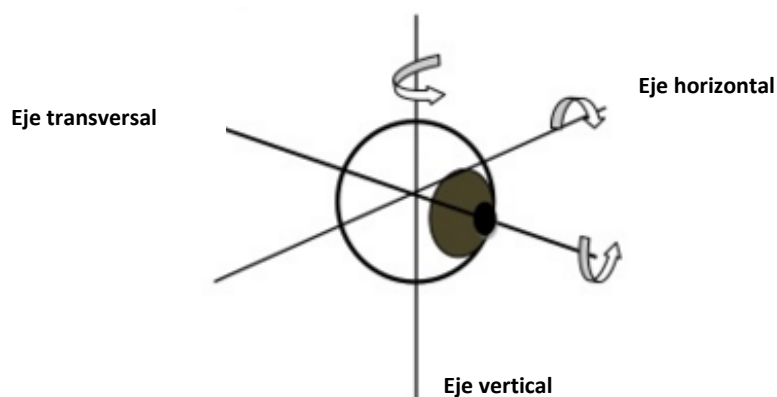


Figura 2.1. Representación de los 3 ejes primarios a través del centro de rotación

En la actualidad existen diversas clasificaciones de los movimientos oculares en función de si son binoculares o monoculares, reflejos o voluntarios o según su ruta neuronal de control (Hugonnier, 1977; Carpenter, 1991). Entre ellas, la clasificación funcional de Carpenter (1988,1991) parece ser la más actual y más ampliamente aceptada, y ésta se basa en la funcionalidad del movimiento. Según este criterio podemos diferenciar:

- Movimientos para el mantenimiento de la mirada: compensan el movimiento de la cabeza o de los objetos para que permanezca la mirada fija sobre el objeto. Dos tipos de movimientos:
 - Movimientos vestíbulo-oculares: compensan los movimientos de la cabeza.
 - Movimientos optocinéticos: compensan los movimientos del objeto.
- Movimientos para el desplazamiento de la mirada: permiten pasar la atención de un objeto a otro, es decir, permiten un incremento del campo visual efectivo. Tres tipos de movimientos:
 - Movimientos sacádicos
 - Movimientos de seguimiento
 - Vergencias
- Micromovimientos asociados a la fijación ocular o movimientos de fijación. Tres tipos de movimientos:
 - Trémores
 - Microsacádicos
 - Fluctuaciones

Para nuestro estudio nos centraremos principalmente en los movimientos para el desplazamiento de la mirada, y más profundamente en los sacádicos que pasaremos a describir posteriormente. A continuación, pasaremos a detallar los músculos extrínsecos que hacen posible los movimientos oculares y la innervación de éstos.

2.1.2 Músculos extraoculares

Los movimientos oculares se realizan gracias a los seis músculos externos que rodean parcialmente el globo ocular y están insertados en la parte anterior de la esclerótica (Figura 2.2 y 2.3). Estos músculos, están innervados por el III, IV y VI par craneal y principalmente, irrigados por la arteria oftálmica a través de las ramas musculares lateral o superior, y la medial o inferior.

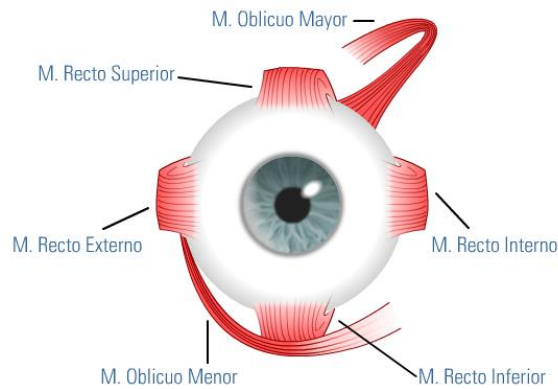


Figura 2.2. Representación de los seis músculos extraoculares
<http://www.saludvisual.info/anatomia-y-fisiologia/musculos-extraoculares/>

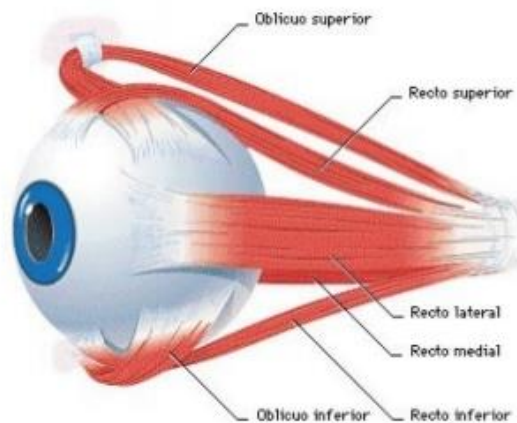


Figura 2.3. Representación temporal de los músculos extraoculares
<http://es.slideshare.net/fernulu99/globo-ocular-34542923>

Todos los músculos extraoculares, a excepción del músculo oblicuo inferior, tienen su inserción fija en el vértice de la órbita en un doble ligamento tendinoso, llamado anillo de Zinn, el cual ocupa la mayor parte de la hendidura esfenoidal y el agujero óptico. A través de dicho ligamento cruzan el nervio óptico, la arteria oftálmica, los nervios motor ocular común (III par), motor ocular externo (VI par), la rama nasal del trigémino (V par) y la vena oftálmica superior (Bernal, 2012).

En los movimientos oculares cada músculo va acompañado en su acción primaria por otros, cuyas acciones secundarias son similares, de esta forma indentificamos los músculos agonistas y sinergistas. Es decir, el músculo agonista es el que efectúa la acción primaria y el músculo sinergista es el que ayuda al agonista con las acciones secundarias. Los globos oculares se mueven en cualquier dirección por la acción combinada de los músculos.

En la Tabla 2.1 se muestra cada músculo extraocular con su origen, inervación y acciones:

Músculo	Origen	Inervación	Acción primaria	Acción secundaria
Recto Superior	Anillo de Zinn (parte superior) Vaina dural del NO	III par craneal	Elevación (Supraducción), se incrementa en abducción	Rotación interna e intorsión
Recto Inferior	Anillo de Zinn (parte baja)	III par craneal	Depresión (Infraducción) se incrementa en abducción	Rotación interna y extorsión. Ligera depresión del párpado inferior
Recto Interno	Anillo de Zinn	III par craneal	Rotación interna (Adducción)	-
Recto Externo	Anillo de Zinn	VI par craneal	Rotación externa (Abducción)	-
Oblicuo Superior	De un tendón del ala del esfenoides y medialemente al agujero óptico	IV par craneal	Depresión (infraducción), se incrementa en adducción	Intorsión y rotación externa
Oblicuo Inferior	De un tendón de una depresión del plato orbital del maxilar superior justo detrás del margen orbital	III par craneal	Elevación (supraducción), se incrementa en aducción	Extorsión y rotación externa

Tabla 2.1. Funciones, origen e inervación de los músculos extraoculares (Bernal, 2012)

Algunos investigadores como Hoffman (1980) y Lieberman (1985), estudiando la relación entre los movimientos sacádicos y la lectura han descubierto que tener movimientos oculares deficientes influye en las dificultades de aprendizaje.

2.1.3 Movimientos para el desplazamiento de la mirada

En este apartado comprenderemos el significado de los movimientos sacádicos, indicaremos todas sus características, disfunciones y alteraciones, y comentaremos los movimientos de seguimiento.

2.1.3.1 Movimientos oculares rápidos (sacádicos)

Los movimientos sacádicos son los movimientos oculares que nos permiten rápidamente dirigir nuestro eje visual al punto de interés estimulando la zona más sensible de la retina, la fovea. Estos movimientos se encargan del escaneo de la escena, siendo los movimientos más rápidos que los ojos son capaces de realizar, con velocidades de hasta 700° por segundo (Leigh, 1983).

Los movimientos sacádicos son movimientos conjugados, ya que se mueven en la misma dirección y en la misma cantidad (Yang, Bucci, & Kapoula, 2002) y su control neurológico principal es el lóbulo frontal contralateral. Estos movimientos son de gran importancia en multitud de procesos cognitivos, como por ejemplo durante la lectura y la búsqueda visual (Liversedge, 2000). Cuando los movimientos sacádicos no son precisos el sujeto puede omitir, confundir o suponer palabras (Castro, 1996).

El movimiento sacádico de lectura ideal es un único y simple movimiento ocular que se inicia rápidamente y se detiene en el punto de interés. Mientras que el movimiento sacádico no ideal tendría que hacerlo en dos veces o más. Si con un solo movimiento los ojos no llegan a la posición deseada, se induce a un segundo sacádico, llamado sacádico corrector. Después de la realización de un movimiento sacádico se produce una fijación del objeto que se quiere observar, en las cuales los ojos no están inmóviles, sino que, se producen pequeños movimientos oculares involuntarios para mantener la fijación.

Los movimientos sacádicos pueden ser ejecutados voluntariamente y autoinducidos (no provocados por la aparición de un estímulo específico) o en respuesta a estímulos visuales.

En la siguiente figura (Figura 2.4) se representa un movimiento ocular rápido en respuesta a un desplazamiento hacia la derecha:

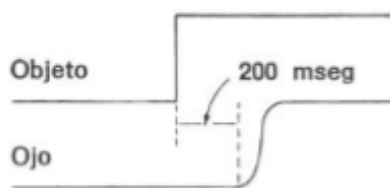


Figura 2.4. Representación de un movimiento ocular rápido (MOR) en respuesta a un desplazamiento del objeto hacia la derecha, en la que se ilustran la latencia (200ms) y la trayectoria del MOR (Glaser, 1993)

Principalmente, podemos describir los movimientos sacádicos a partir tres parámetros: amplitud (A), duración (D) y pico de velocidad (PV). El pico máximo de velocidad, para observadores normales, depende de la amplitud del sacádico. A continuación, en la tabla 2.2 detallamos los parámetros para la caracterización de los movimientos sacádicos:

Movimientos sacádicos	
Amplitud máxima	30°, desplazamientos superiores requieren movimiento de la cabeza
Duración	30 – 120 ms según la amplitud del desplazamiento
Velocidad máxima	Alcanzada durante la sacada: 700°/s
Principales relaciones	Relación constante entre amplitud y velocidad máxima: a mayor amplitud del movimiento mayor velocidad máxima. La dirección y la velocidad no se pueden modificar una vez lanzado el movimiento
Latencia	Tiempo entre la aparición de un estímulo y el inicio de la sacada: 180 -300 ms
Tiempo mínimo de fijación	200 – 350 ms. Requiere de un procesamiento cognitivo del objeto enfocado (50 ms mínimo)

Tabla 2.2. Parámetros para la caracterización de los movimientos asociados a la fijación visual (Carpenter, Young, Smyrnis)

Durante la lectura, y para un lector normal, la amplitud del movimiento sacádico varía de 2 a 18 espacios de caracteres y la duración media de la fijación es de unos 200-250 ms (Rayner, 1985). En la Figura 2.6 se muestra un ejemplo de los movimientos oculares durante la lectura, donde podemos observar que no en todas las palabras se producen fijaciones o que en algunas de ellas se realiza más de una fijación. Además, mientras leemos los ojos también realizan unos movimientos llamados regresiones, es decir, movimientos hacia atrás en el texto que tienen una duración del 10-15% del tiempo total de lectura y que varían en función de la dificultad del texto, que también podemos observar en la Figura 2.5.

When a person is reading a sentence silently, the eye movements show that not every word is fixated. Every once in a while a regression (an eye movement that goes back in the text) is made to re-examine a word that may have not been fully understood the first time. This only happens with about 10% of the fixations, depending on how difficult the text is. The more difficult the higher the likelihood that regressions are made.

Figura 2.5. Ejemplo de los movimientos oculares de una persona durante la lectura de un texto (Keith y Mónica, 2007)

La amplitud del sacádico, la duración de las fijaciones y el número de regresiones están condicionadas a la dificultad del texto presentado; a mayor dificultad del texto, menor amplitud del movimiento sacádico, más fijaciones y más regresiones. Estos tres parámetros también se ven modificados dependiendo del material sobre el que se lea y según las metas del lector (Rayner y Pollatsek, 1989). En los últimos años, se ha demostrado que el tiempo que mantienen

los ojos fijos en un punto se ve influenciado por diferentes factores lingüísticos. Algunos de estos factores son; como de predecible es una palabra (Ehrlich & Rayner, 1981; Rayner & Well, 1996), cuantos significados tiene la palabra (Duffy, Morris, & Rayner, 1988; Sereno, O'Donnell, & Rayner, 2006), cuando el lector adquirió el significado de la palabra (Juhász & Rayner, 2003, 2006), según la relación semántica entre las palabras del texto (Carroll & Slowiaczek, 1986; Morris, 1994) y como de familiar sea la palabra (Williams & Morris, 2004).

Anteriormente, hemos comentado que la duración de una única fijación puede variar de 200 a 250 ms, en la cual es muy importante la cantidad de información que el lector es capaz de procesar. Esta medida hace referencia al intervalo perceptual, también denominado región de la visión efectiva.

Algunos estudios han demostrado que, para que un lector pueda adquirir información útil a partir de un punto de fijación, se extiende a 3 o 4 espacios de caracteres a la izquierda de la fijación y aproximadamente de 14 a 15 espacios a la derecha. Los lectores no utilizan la información de las palabras de la línea de debajo a la que están fijando (Pollatsek, Raney, LaGasse y Rayner, 1993).

Seguidamente, definiremos dentro de los movimientos para el desplazamiento de la mirada, los movimientos oculares lentos o de seguimiento.

2.1.3.2 Movimientos oculares lentos (seguimiento)

Los movimientos de seguimientos son movimientos voluntarios que mantienen estabilizada la imagen foveal de estímulos que se desplazan lentamente por el campo visual. Normalmente están acompañados por movimientos lentos de torsión de pequeña amplitud.

El movimiento inicial de los seguimientos es de velocidad igual a la del objeto, pero más tarde los ojos se retrasan con respecto a él y precisan una sacudida de captura para efectuar la refoveolización antes de proseguir el rastreo con un movimiento de seguimiento.

En la siguiente figura (Figura 2.6) se representa un movimiento ocular lento en respuesta a un movimiento del objeto de velocidad constante hacia la derecha:

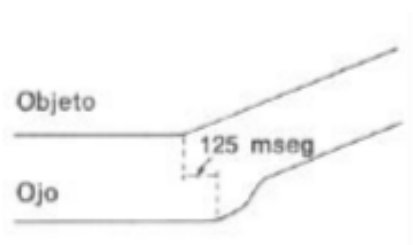


Figura 2.6. Representación de un movimiento ocular lento (MOL) en respuesta a un movimiento del objeto de velocidad constante hacia la derecha, en la que se ilustra la latencia (125 ms) del MOL, así como el movimiento sacádico de captura (Glaser, 1993)

Los movimientos de seguimiento son conjugados, y están bajo control de un sistema capaz de modificar de forma continua la salida motora en respuesta a la entrada visual (Purves, Augustine, Fitzpatrick, 2001). Los movimientos de seguimiento se ven afectados por la edad, la atención y la motivación. Dado que estos movimientos únicamente están ligados cuando el punto de interés se encuentra en movimiento, son más difíciles de relacionar con la lectura y el rendimiento escolar que los sacádicos. Los seguimientos son más importantes en determinadas actividades, como los deportes y la conducción.

2.1.3.3 Disfunciones y alteraciones de los movimientos sacádicos

Según la experiencia de Mitchell y Bruce (1994), aseguran que una disfunción de los movimientos sacádicos y de las fijaciones es una de las presentaciones clínicas más comunes. Es raro encontrar una disfunción de los movimientos sacádicos aislada de las fijaciones o una disfunción de fijaciones aislada de sacádicos anómalos.

La primera opción de tratamiento para la disfunción motora es la terapia visual. De esta forma, el sistema oculomotor tiene una gran plasticidad y adaptación a diferentes respuestas (Berthoz y Melvill, 1985).

La latencia normal del movimiento sacádico es de aproximadamente 200 ms y una velocidad más lenta del 10% es considerada patológica, aunque el tiempo de reacción puede variar en función de la luminancia, del tamaño y del contraste del estímulo, de la motivación y de la atención del observador (Leigh, 1983). En la mayoría de los casos el movimiento sacádico es ligeramente más corto del punto objetivo y el ojo ha de “deslizarse” para alinearse, pero en los casos más extremos, al instante, con un pequeño sacádico alcanza el punto de interés. La disfunción más común es un sacádico corto que un sacádico largo.

Los distintos tipos de movimientos oculares dependen de circuitos neuronales específicos cuya patología se expresa por diferentes trastornos oculomotores. A continuación, en la Tabla 2.3, se describen algunas de las principales condiciones patológicas asociadas a la disfunción de los movimientos oculares:

Condiciones patológicas asociadas a la disfunción de los movimientos oculares	
Disfunción Fijaciones	
-	Micronistagmus periférico
-	Nistagmus latente, adquirido o congénito
-	Opsoclono: salvas irregulares rápidas conjugados en todas direcciones que suceden sin pausa intersacádica
-	Flutter ocular: igual que opsoclono pero únicamente en movimientos horizontales
-	Bobbing ocular: salvas irregulares rápidas conjugadas hacia abajo, seguidas de retorno lento hacia la posición primaria de mirada
Disfunción Sacádicos	
-	Apraxia congénita de la motilidad ocular
-	Apraxia adquirida de la motilidad ocular
-	Parálisis progresiva supranuclear
-	Dismetría: sacadas hipermétricas seguidas de derivas correctivas postsacádicas sin intervalo intersacádico
-	Desconjugación de sacádicos (ofaltalmoplegia intranuclear)
Disfunción Seguimientos	
-	Parálisis progresiva supranuclear
-	Parálisis parcial unilateral de seguimientos
-	Seguimiento del sacádico (rueda dentada)

Tabla 2.3. Principales condiciones patológicas asociadas a la disfunción de los movimientos oculares (Mitchell y Bruce, 1994)

La mayoría de los síntomas de la disfunción de los movimientos sacádicos de pequeña amplitud, están relacionados con la lectura. Éstos incluyen el movimiento de la cabeza, frecuentes pérdidas de situación, omisión de las palabras, saltarse líneas, una lenta velocidad lectora y una mala comprensión lectora. Otro síntoma muy común es la falta de atención. Los niños con unas inadecuadas fijaciones y sacádicos pueden parecer más distraídos que otros niños, hecho que puede llevar a pensar que el niño no está atento o que es impulsivo. Richman (1986) demostró que, el tiempo que el niño no estaba mirando el punto de interés estaba significativamente relacionado con la percepción que tenía el maestro hacia el comportamiento personal-social del niño.

En la Tabla 2.4 nombramos los síntomas y signos de las disfunciones de los movimientos sacádicos y de seguimiento.

Síntomas y signos de las disfunciones de la motilidad ocular
Sacádicos
<p>Síntomas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excesivos movimientos oculares - Omitir palabras - Frecuente pérdida de situación - Saltarse líneas - Velocidad de lectura lenta - Mala comprensión lectora - Dificultades para copiar de la pizarra - Dificultad para resolver problemas aritméticos con columnas de números - Dificultad para realizar pruebas/test psicológicos o educativos con hojas de corrección computarizadas
<p>Signos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bajo rendimiento por debajo de la edad en el Visagraph - Valores inferiores al 15% en el Developmental Eye Movement Test (DEM) - Valores inferior a 3+ en observaciones directas por parte del examinador
Seguimientos
<p>Síntomas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento excesivo de la cabeza - Bajo rendimiento en deportes - Dificultad lectora
<p>Signos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valores inferior a 3+ en observaciones directas por parte del examinador

Tabla 2.4. Síntomas y signos de las disfunciones de la motilidad ocular (Mitchell y Bruce, 1994)

Las disfunciones de los movimientos sacádicos y de seguimiento pueden ser causadas por anomalías en el sistema central supranuclear, afectando de esa manera las conexiones del sistema central supranuclear con los músculos extraoculares, y como consecuencia a los movimientos oculares. Los movimientos sacádicos y de seguimiento tienen vías neurológicas distintas y separadas.

La parte leve en la disfunción de la motilidad ocular es un trastorno funcional sin una patología subyacente significativa. En la siguiente tabla (Tabla 2.5), se indican las alteraciones que se producen en los movimientos sacádicos con su posible etiología, haciendo un diagnóstico diferencial de las disfunciones de los sacádicos:

En el apartado 2.3 quedarán claros los conceptos de velocidad, comprensión y eficacia lectora, que hemos ido comentando en los temas anteriores.

Diagnóstico diferencial de la disfunción de sacádicos	
Sacádicos: Enfermedades graves relacionadas descartadas	
Alteraciones de velocidad	Posible etiología
- Sacádicos más lentos	Parálisis del nervio oculomotor
- Sacádicos más rápidos	Oftalmoplejia intranuclear
- Sacádicos incompletos	Oftalmoplejia intranuclear
	Miastenia de Gravis
Alteraciones de precisión	
- Dismetría	Enfermedad cerebral
	Síndrome de Wallenberg
- Hipometría Alzheimer	Degeneración ganglios basales
	Defectos del campo visual
- Hipermetría	Defectos del campo visual
Alteraciones de inicio	
- Apraxia congénita de la motilidad ocular	
- Apraxia adquirida de la motilidad ocular	Lesiones parietales
	Parkinson
Sacádicos inapropiados	
- Ondas cuadradas (movimientos conjugados rápidos de pequeña amplitud)	Enfermedad cerebral
- Ondas cuadradas gigantes	Enfermedad cerebral
- Flutter ocular	Enfermedad cerebral
- Opsoclono	Enfermedad cerebral

Tabla 2.5. Diagnóstico diferencial de la disfunción de los movimientos sacádicos (Mitchell y Bruce, 1994)

2.1.4 Adaptación al prisma

Cuando los ojos tienen tendencia a desviarse del objeto de interés, existe una heteroforia. Esta tendencia es controlada por el reflejo fusional, que inicia los movimientos fusionales. Los movimientos fusionales ocurren cuando el sujeto con heteroforia cambia la fijación mediante los movimientos sacádicos o vergencias.

El reflejo fusional tiene la función de corregir la desalineación de los ejes visuales. Un ejemplo claro, puede ser cuando un sujeto lleva una corrección anisométrica, se produce un aumento y asimetría inducido por el efecto del error prismático, ya que el sujeto puede percibir el objeto más lejos del centro óptico de las lentes. De igual forma, cuando se introduce un prisma delante de la visión binocular, el reflejo fusional corrige la desalineación resultante del eje visual y en casi todos los casos antes de que se produzca la diplopía. Este fenómeno es conocido como adaptación al prisma.

Algunos autores como North y Henson en 1992 o Toole y Fogt en 2007, corroboran este hecho. En su estudio demostraron que esta corrección de la desalineación, sólo ocurría cuando la cantidad del valor del prisma no era muy fuerte. Sin embargo, no sucedía lo mismo en sujetos

con heteroforia descompensada y sintomáticos, ya que el proceso de adaptación no era eficaz totalmente y era peor con la edad. Por lo tanto, llegaron a la conclusión de que la función del prisma en estos casos, desplazaba la imagen y disminuía los síntomas.

Otros autores como Dysli, Vogel y Abegg (2014), demostraron que la anteposición de prismas en sujetos sanos no induce a un cambio significativo en los movimientos oculares durante la lectura ni en la comprensión de los contenidos.

Según estudios de Henson (1980), el tiempo máximo de adaptación al prisma suele ser inferior o igual a 1 minuto, siendo similares para los prismas de base temporal y los prismas de base nasal. Otros estudios como el de Tuff et al. (2000) demostraron que al anteponer un prisma de base temporal, transcurridos 2 y 5 minutos, los sujetos mostraban vergencias fusionales similares.

El centro óptico de una lente oftálmica se define como el punto de la misma en el cual no existe ningún efecto prismático. Cuando el centro óptico no coincide con el centro pupilar, se produce un empeoramiento de calidad debido a aberraciones, y la lente actúa como un prisma desviando la luz, de manera que el objeto fijado deja de formar su imagen en la fóvea, provocando que la fusión de las imágenes no se encuentren en los puntos retinianos correspondientes. Los errores de centrado, provocan desequilibrios prismáticos que a su vez inducen un movimiento de vergencia para evitar diplopía. En ausencia de prescripción prismática, las lentes deben montarse en la montura de tal forma que su centro óptico coincida con el centro pupilar del usuario en su dirección principal de mirada (Lupón, 2001).

2.1.5 Métodos de evaluación de los movimientos oculares

En este apartado, comentaremos las diferentes técnicas de registros para la evaluación de los movimientos oculares.

La finalidad de las técnicas de registros de los movimientos oculares es valorar la calidad y la precisión de los mismos. Los test pueden ser de observación directa del examinador, test estandarizados con formato visuo-verbal cronometrado y examen objetivo de los movimientos oculares utilizando pruebas electrodiagnósticas.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, se realizaron las primeras aproximaciones a la fisiología de los movimientos oculares mediante observación directa y con espejos. Los avances en la fotografía posibilitaron los primeros registros a principios del siglo XX (Dodge, Cline, Diefendorf), mediante un fotocronógrafo. Este sistema consistía en la impresión del reflejo luminoso corneal con una cámara dotada de lentes de aumento sobre una película deslizante con control de su velocidad de desplazamiento (Gila, Villanueva, Cabeza, 2009). Para aplicaciones médicas las técnicas más desarrolladas han sido las electrofisiológicas, basadas en las propiedades bioeléctricas del ojo. Todos los métodos implican el análisis de la relación entre distintos parámetros de los movimientos oculares y otras variables como la latencia entre la aparición de un estímulo y el inicio de un movimiento sacádico. En la siguiente Figura 2.7 representamos un

esquema de un registro oculográfico de un movimiento sacádico horizontal con los parámetros básicos:

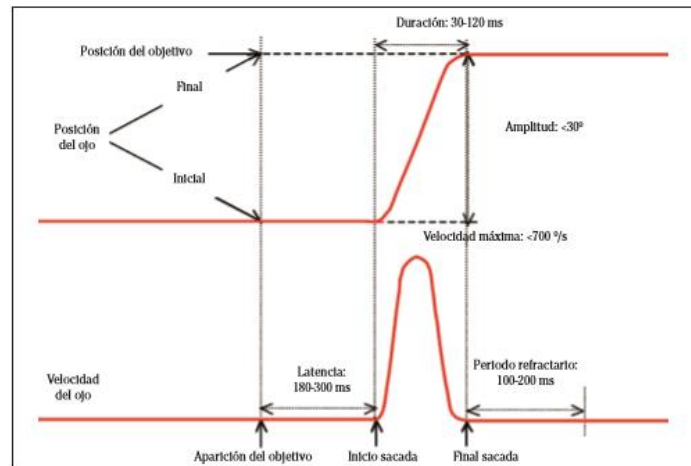


Figura 2.7. Esquema de registro oculográfico de un movimiento sacádico horizontal en relación con los parámetros básicos. Línea superior representa la diferencia de potencial en el tiempo, correspondiente al grado de rotación horizontal del ojo durante la sacada. La línea inferior es la primera derivada de la superior: velocidad o variación de la posición en el tiempo.

A continuación, citaremos algunos de los métodos para la evaluación de los movimientos sacádicos:

- Test de observación directa: El paciente se hace mirar de un objeto a otro mientras el optometrista observa los sacádicos de gran y pequeña amplitud del paciente. Método subjetivo y cualitativo.

Sistema de puntuación: 4+ suave y preciso

3+ ligero movimiento corto

2+ exagerados movimientos cortos o largos o aumento de la latencia

1+ incapacidad de realizar la tarea o aumento de la latencia

- Electrooculográfico: Proporciona información sobre el número de fijaciones, regresiones, duración de las fijaciones, velocidad de lectura, eficacia relativa y grado de equivalencia.
- Testos cronometrados y estandarizados: son baratos y nos dan una valoración cuantitativa de los movimientos oculares en un ambiente de lectura simulado. Valoran la función oculomotora en base a la velocidad con la que se ven, reconocen y vocalizan con precisión una serie de números. Hay diferentes tipos de tests, como por ejemplo la prueba de sacádicos de Pierce, la prueba de King-Devick o la prueba de desarrollo del movimiento ocular (DEM).

El DEM es una prueba desarrollada por Richman y Garzia para evitar los problemas de verbalización. Permite la valoración de los movimientos sacádicos de pequeña amplitud en niños de 6 a 13 años.

DEM SCORESHEET											
NAME _____ DOB _____ AGE _____ GRADE _____											
ARTICULATION PRE-TEST				NUMBER KNOWLEDGE PRE-TEST							
Y N				Y N							
f = substitution error a = addition error				o = omission error c or s = transposition error							
TEST A				TEST B				TEST C			
3	4	6	7	3	7	5	9	8	3	7	5
7	5	3	9	2	5	7	4	6	7	5	3
5	2	2	3	1	4	7	6	3	9	1	9
9	1	9	9	7	9	3	9	2	4	5	2
8	7	1	2	4	5	2	1	7	5	3	7
2	5	7	1	5	3	7	4	8	7	4	6
5	3	4	4	7	4	6	5	2	9	2	3
7	7	6	7	9	2	3	6	4	6	3	2
4	4	5	6	6	3	2	9	1	7	4	6
6	8	2	3	7	4	6	5	2	5	3	7
1	7	5	2	5	3	7	4	8	4	4	3
4	4	3	5	4	5	2	1	7	7	9	3
7	6	7	7	7	9	3	9	2	1	4	7
6	5	4	4	1	4	7	6	3	2	5	7
3	2	8	6	2	5	7	4	6	3	7	5
7	9	4	3	3	7	5	9	8	9	2	5
9	2	5	7	TIME: _____ sec				_____ s errors _____ o errors			
3	3	2	5	_____ s errors _____ i errors				ADJ TIME = TIME - $\frac{80}{(80 - s + i)}$			
9	6	1	9	ADJ TIME = _____ sec				TOTAL ERRORS (s + o + i + 0) = _____			
2	4	7	8	TOTAL TIME: _____ sec				ADJ TIME: _____ sec			
_____ sec				_____ sec				RATIO = $\frac{\text{HORIZONTAL ADJ TIME}}{\text{VERTICAL ADJ TIME}}$ = _____			
TOTAL TIME: _____ sec				ADJ TIME: _____ sec				RATIO = _____			
ADJ TIME: _____ sec				RATIO = _____				RATIO = _____			
ERRORS: _____				RATIO = _____				RATIO = _____			

Figura 2.8. Tarjeta test DEM
www.bernell.com

- Eyetracker, Visagraph y Ober-2: son caros y consisten en transmitir la luz reflejada del ojo al dispositivo grabador. En los dos primeros es imprescindible que la cabeza del paciente esté quieta y el instrumento calibrado, mientras que el Ober-2 requiere de unas gafas de protección especiales, las cuales van a iluminar la córnea. En la Figura 2.9 se muestra la evaluación de los movimientos oculares mediante la prueba de Visagraph.



Figura 2.9. Representación de la prueba de Visagraph (readingpower.co.za/visagraph)

El eyetracker permite realizar la medición de la posición del ojo, la frecuencia de parpadeos, los cambios de diámetro de la pupila, dónde está mirando el paciente y sus movimientos oculares. Este sistema se compone básicamente por dos componentes: una fuente de luz, generalmente una luz infrarroja reflejada en los ojos del paciente, y una cámara que sigue el reflejo de la luz junto con las características visuales, como por ejemplo el tamaño de la pupila .

Actualmente, el eyetracker es un sistema utilizado en diferentes disciplinas y áreas de estudio. Hoy en día utilizamos nuestros ojos constantemente y la comprensión de cómo los usamos, los ha convertido en un instrumento muy importante en la investigación y en el diseño, como por ejemplo de páginas web. Se ha utilizado para estudios de marketing, para trabajos cognitivos, para evaluaciones psicológicas o en aplicaciones científicas, como en nuestro estudio.

En el apartado de instrumentación describiremos al detalle el sistema de eyetracker utilizado para este estudio. A continuación, pasaremos a detallar los conceptos para entender mejor la segunda parte de nuestro estudio.

2.2 RESPUESTA ACOMODATIVA Y LECTURA

Seguidamente, realizaremos una breve descripción de diferentes conceptos, relacionados con la acomodación, para situarnos en el contexto de la segunda parte del trabajo.

2.2.1 Mecanismo de la acomodación

A principios del siglo XX, a partir de que Helmholtz describiese el mecanismo de la acomodación, empezaron los estudios del estado acomodativo. El fenómeno de la acomodación consiste en el cambio de la curvatura y el grosor del cristalino (y por tanto de su poder dióptrico) para enfocar objetos cercanos. El cristalino es una de las estructuras con mayor importancia en el buen funcionamiento del ojo como estructura refractiva, aportando 15-20 D del total (córnea 40D). En la figura 2.11, en la imagen superior se muestra un ojo relajado, y en la imagen inferior un ojo acomodando. Cuando las fibras zonulares que soportan el cristalino están en su máxima tensión, el cristalino tiene el menor poder dióptrico, mientras que cuando se produce una contracción del músculo ciliar provocando la relajación de las fibras zonulares, el cristalino aumenta su poder dióptrico, provocando de esta manera la acomodación.

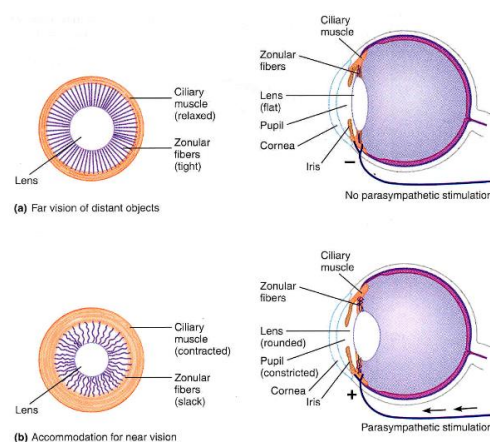


Figura 2.10. Mecanismo de la acomodación (Departamento de Fisiología, Universidad de Costa Rica, 2007)

Antes de describir la técnica para determinar el retardo acomodativo es necesario entender la diferencia entre el estímulo acomodativo y la respuesta acomodativa. La respuesta acomodativa se define como la respuesta del sistema de acomodación delante de un estímulo acomodativo o punto de fijación, mientras que el estímulo acomodativo es la demanda que se hace al sistema acomodativo. La respuesta no siempre coincide con la demanda, por lo tanto, la diferencia entre estímulo y respuesta, expresada en D, es el retardo de la acomodación.

La respuesta acomodativa para un estímulo determinado, por ejemplo a 40 cm que corresponde a 2.5D, no necesariamente tiene que ser 2.5D. De hecho en la mayoría de casos la respuesta acomodativa es normalmente inferior, entre 0.50 y 0.75D. Para el ejemplo anterior sería

perfectamente normal que el paciente responda con 2.00 (o 1.75D) para el estímulo a 40cm. Esta diferencia en la respuesta acomodativa se conoce como retardo de la acomodación.

2.2.2 Efecto de los prismas en acomodación

Para obtener una visión nítida cuando enfocamos un objeto en visión próxima, los ojos acomodan induciendo una convergencia acomodativa. La convergencia acomodativa se mantiene constante y la convergencia fusional varía, mientras que la fusión se mantiene. La convergencia fusional puede variar colocando delante de los ojos del sujeto prismas. Si estos prismas son de base temporal se induce a la convergencia, y si los prismas son de base nasal se induce divergencia. El rango total de convergencia posible con un valor fijo de acomodación (distancia fija) se le llama amplitud de convergencia relativa. En cambio, la anteposición de lentes positivas o negativas, sí que pueden alterar el valor de la convergencia acomodativa para una distancia de observación fija (Stidwill y Fletcher, 2011).

2.2.3 Técnicas de medida de la acomodación

A continuación, describiremos algunas de las técnicas objetivas utilizadas para determinar el retardo acomodativo. Las técnicas objetivas son las más utilizadas para trabajos de investigación, como el nuestro. Estas técnicas nos permiten obtener medidas de velocidad, precisión y repetitividad.

Las técnicas objetivas más relevantes son:

- Retinoscopía dinámica

Consiste en realizar una retinoscopía en visión próxima con la presencia de un estímulo acomodativo. Existen diferentes técnicas, de las cuales destacamos el método Nott y el método de estimación monocular (MEM).

El método Nott consiste en observar el reflejo retinoscópico del ojo una vez su defecto refractivo ha sido corregido. A partir de este momento se indica al paciente que fije en los detalles que se le presentan en un optotipo a una distancia de 40cm y que coincide con el plano del retinoscopio. Este test tiene un agujero en el centro diseñado para observar a través de él. Al observar el reflejo en estas condiciones (con espejo plano) normalmente se apreciará un movimiento directo cercano al punto neutro que nos indica un pequeño retardo positivo de la acomodación (+0.50, +0.75, +1.00). Al alejarnos hacia atrás progresivamente del plano del test con el agujero acabaremos encontrando punto neutro. La distancia a la que tengamos que desplazarnos nos indica el retardo acomodativo del paciente.

El método MEM se inicia de la misma forma que el método Nott, pero el estímulo de fijación consiste en pequeños dibujos, letras, etc que generalmente existen en los cabezales de los retinoscopios. El examinador estima el valor del reflejo observado y a continuación, se interpone la lente brevemente delante del ojo que está observando y valora si ha conseguido punto neutro

o tiene que probar otra lente. La lente que neutraliza mejor es el retardo acomodativo para el ojo examinado.

Es importante que en esta técnica el examinador sea rápido al poner la lente para que no esté demasiado tiempo frente al ojo, ya que se considera que la interposición de la lente altera el estado natural de la respuesta acomodativa para ese individuo.

También es posible utilizar esta técnica para el cálculo de la adición necesaria para la lectura en pacientes presbítas (Martin, 2010).

- Refractómetros automáticos

Los refractómetros automáticos son instrumentos automáticos que permiten obtener de forma objetiva y rápida el error refractivo del paciente.

Joubert y Harris demostraron que las medidas con los refractómetros automáticos hacían que se obtuviese un resultado medio de 0.25D más miopizado en comparación con la graduación subjetiva. Los refractómetros automáticos de campo abierto permiten al paciente observar objetos reales a través del instrumento, de manera que aumentan la fiabilidad de los resultados medidos para reducir la miopía instrumental (Fedtke, 2009).

2.3. LECTURA

La Real Academia de la Lengua Española (RAE) define la lectura como la acción de leer, y ésta como pasar la vista por lo escrito o impreso comprendiendo la significación de los caracteres empleados, o bien entender o interpretar un texto de determinado modo. Por lo tanto, la lectura implica dos mecanismos; la parte sensorial o visual, que consiste en la percepción gráfica del texto escrito, y la parte cognitiva o intelectual, en la que se procesa el significado y se incluye la interpretación y comprensión de lo que se lee y se relaciona con lo que se sabe. Los principales movimientos durante el mecanismo de lectura son los movimientos sacádicos, las fijaciones y los movimientos de regresión.

La lectura ha sido una de los conceptos más investigados durante los últimos años, y se ha podido comprobar que el proceso lector está formado por cuatro procesos psicolingüísticos:

- Procesos perceptivos: Proceso en el que se produce el reconocimiento de las palabras.
- Procesos léxicos: Proceso en el que se produce el conocimiento del significado de las palabras.
- Procesos sintácticos: Proceso en el que se comprende cómo están conectadas sintácticamente entre sí las palabras.
- Procesos semánticos: Proceso en el que se extrae el significado de la frase o del texto que se está leyendo.

Durante la acción de leer intervienen diferentes factores que hacen que sea más fluida o no. Una de las características que nos permite definir la lectura, es la velocidad lectora. Ésta permite

evaluar la capacidad o eficacia lectora de un sujeto para leer un texto, y se define como el número de palabras leídas en una unidad de tiempo (Recasens, 2005). Ésta se verá condicionada por todos los movimientos oculares que se realizan durante la lectura, especialmente por la duración de las fijaciones, por el espacio de reconocimiento o campo visual (información visual) y por el número de regresiones (Díaz et al 2004), tal y como hemos comentado en otros apartados.

- Duración de las fijaciones: En algunos estudios se ha demostrado que la duración de una fijación para un lector adulto experimentado fluctúa alrededor de 250 milisegundos, y esta duración se ve afectada según la complejidad de las palabras y si éstas son más largas o más cortas. Se ha podido comprobar que los lectores con un rendimiento lector bajo realizan mayor número de fijaciones y de mayor duración que los buenos lectores (Murray W.S., 1988).

Rayner y Fischer (1996) demostraron que se realizan menos fijaciones y de menor duración, en las palabras de alto contenido cognoscitivo que en las palabras desconocidas.

Lozano (1993) consideró que la longitud de las palabras era la variable que más afectaba en el rendimiento del lector, puesto que cuanto más larga es la palabra, hay mayor probabilidad de cometer errores.

- Espacio de reconocimiento o campo visual: Se define como el área en donde cada fijación procesa un grupo de palabras, es decir, donde recoge la información visual, es decir, es el área en donde para cada fijación se procesa el grupo de palabras que contiene (información visual). Esta área comprende entre 3 o 4 letras hacia la izquierda desde la posición de fijación hasta 15 letras hacia la derecha.
- Número de regresiones: Son los movimientos sacádicos que se realizan hacia atrás o izquierda, y que suponen entre el 5-20% de todos los movimientos que suceden durante la lectura. Con una mayor dificultad del texto aumentan el número de regresiones.

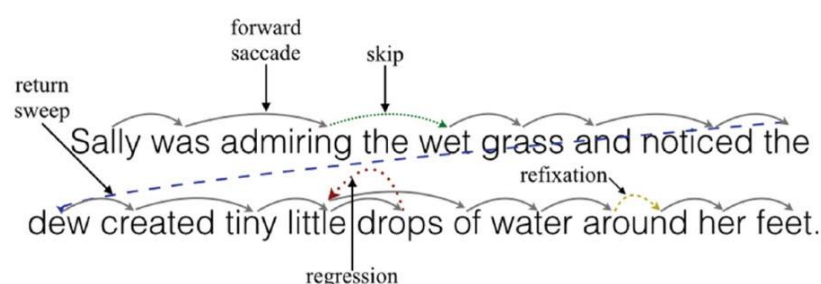


Figura 2.11. Representación de los diferentes movimientos oculares durante la lectura
www.publishingperspectives.com

Otra de las características es la comprensión lectora, que se define como el proceso por el que se captan las ideas más importantes del texto, es que se establecen relaciones y se aplican a diferentes contextos (Álvarez y González, 1996). Ésta es importante en el ámbito educativo y se

considera una actividad clave para el aprendizaje (Gómez, 2011). La comprensión lectora final de un texto, implica que el sujeto tenga un cierto conocimiento general del mundo, un conocimiento del lenguaje empleado, una buena discriminación visual, memoria y atención del texto.

Por lo tanto, una lectura rápida permite leer mucha información en el menor tiempo posible. Con una mayor rapidez y mayor concentración, el sujeto tiene una mayor comprensión (Martín Lobo, M.P., 2003).

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

3.1 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo principal de este trabajo ha sido estudiar cómo afectan los prismas horizontales de baja potencia, de 2Δ y 5Δ de base nasal y base temporal en la lectura mediante la valoración objetiva de los movimientos oculares con un eye tracker (EyeLink 1000 plus) y software asociado a un grupo de jóvenes universitarios de entre 18 y 25 años. Igualmente, se estudió si existía una relación entre la respuesta acomodativa de cada paciente y la anteposición de estos mismos prismas de baja potencia, mediante un autorefractómetro de campo abierto (Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM 5500).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- Describir los movimientos oculares durante la lectura de la muestra del estudio.
- Estudiar el efecto que tienen los prismas horizontales de baja potencia en los movimientos sacádicos en cuanto al número, duración, amplitud en X, amplitud en Y y velocidad media, realizados durante la lectura.
- Estudiar el efecto que tienen los prismas horizontales de baja potencia en los movimientos de regresión en cuanto al número, duración, amplitud en X, amplitud en Y y velocidad media, realizados durante la lectura.
- Estudiar el efecto que tienen los prismas horizontales de baja potencia en los saltos de línea en cuanto al número, duración, amplitud en X, amplitud en Y y velocidad media, realizados durante la lectura.
- Estudiar el efecto que tienen los prismas horizontales de baja potencia en las fijaciones en relación al número y la longitud realizados durante la lectura.
- Hacer una valoración general de los efectos de los prismas horizontales de baja potencia en los movimientos oculares durante la lectura estudiados.
- Estudiar el efecto de los prismas horizontales de baja potencia en el retardo acomodativo.

A nivel personal, el principal objetivo ha sido adquirir nuevos conocimientos de los movimientos oculares durante la lectura, aprender el funcionamiento del sistema eye tracking y saber interpretar todos los resultados obtenidos durante el estudio.

4. INSTRUMENTACIÓN

En este apartado se describen los instrumentos utilizados para realizar la parte experimental del estudio, sus características técnicas y su función.

4.1 MATERIAL NECESARIO PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Durante la selección de la muestra hemos precisado de los siguientes materiales para valorar la inclusión o exclusión de los sujetos:

- Optotipo de Agudeza visual Bailey-Lovie (logMAR): para evaluar la agudeza visual binocular y monocular en visión lejana de los participantes.
- Optotipo de visión próxima de *CooperVision*: para evaluar la agudeza visual binocular y monocular en visión próxima de los participantes.
- Test de Ishihara: para descartar discromatopsias.
- Bolígrafo *B/C*: para evaluar el punto próximo de convergencia.
- Palito con letra estímulo: para evaluar el punto próximo de acomodación.
- Ocluser: para poder evaluar la agudeza visual monocular y realizar el cover test.
- Barra de prismas: para evaluar la foria horizontal en visión lejana y visión próxima
- Prismas sueltos de 2Δ y 5Δ
- Test de Pelli-Robson: para evaluar la sensibilidad al contraste.
- Test visión próxima para WAM sujetado en barra horizontal
- Cruz de malta: para que el paciente se fije en un punto en VL para realizar las medidas con el WAM 5500

4.2 INSTRUMENTACIÓN Y MATERIAL NECESARIO PARA EL ESTUDIO

Para la realización del registro de los movimientos oculares se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Sistema de registro de los movimientos oculares (Eyetracker: Eyelink 1000 plus):
 - Mentonera: Sistema de apoyo de barbilla y frente para estabilizar la posición del participante durante el desarrollo de la prueba.
 - Eyelink 1000 plus camera: sistema de campo abierto no invasivo que se compone por una cámara de alta sensibilidad a la luz infrarroja y un panel de LEDs infrarrojos que se proyectan sobre los ojos del participante (Figura 4.1 y 4.2). La cámara enfoca binocularmente a los ojos del paciente y el panel de LEDs proyecta la luz infrarroja sobre los mismos. Para el procesamiento de datos, el sistema eyetracker toma como referente el centro pupilar y la reflexión corneal, que a partir de cálculos algorítmicos permite precisar dónde mira el participante.



Figura 4.1. Reflexión corneal y centro pupilar

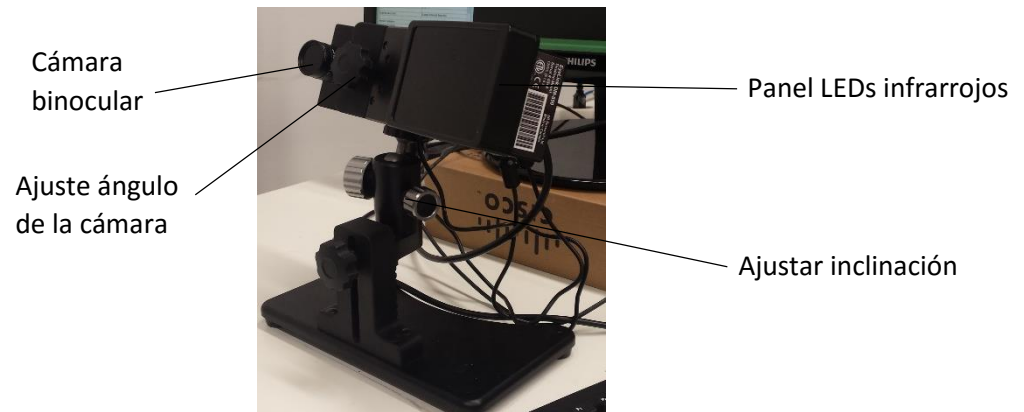


Figura 4.2. Eyelink 1000 plus camera

Las especificaciones técnicas del Eyelink 1000 plus son las siguientes:

Especificaciones técnicas del Eyelink 1000 plus camera	
Frecuencia de muestreo	2000hz monocular / 1000hz binocular
Precisión	0.25 - 0.5 °
Resolución	< 0.01 ° RMS

Tabla 4.1. Especificaciones técnicas del Eyelink 1000 plus camera

- Ordenador de control de registros (Host PC): permite calibrar y computarizar la posición de mirada del participante durante todo el desarrollo de la prueba, procesando todos los datos captados por la cámara.
- Sistema donde se presentan y evalúan los textos:
 - Ordenador para la presentación de estímulos (Display PC): realiza la ejecución de cada prueba (Figura 4.3).

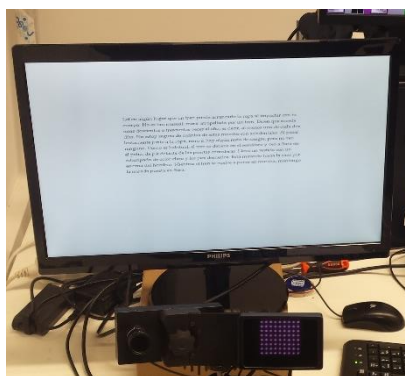


Figura 4.3. Ordenador para la presentación de estímulos

- Experiment Builder: programa informático para el diseño y desarrollo de las diferentes pruebas para evaluar los movimientos sacádicos y de regresión, saltos de línea y fijaciones. Ejecuta las pruebas en el Display PC (Figura 4.4 y 4.5).

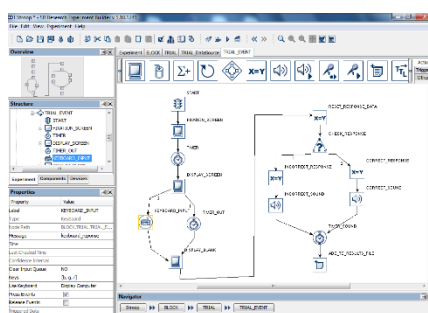


Figura 4.4. Esquema representativo de una prueba en el programa Experiment Builder

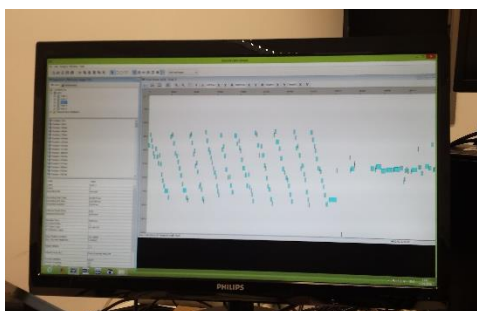


Figura 4.5. Representación de los movimientos oculares durante la lectura de un texto con el programa Experiment Builder

Para la realización del registro del retardo acomodativo se ha utilizado el siguiente instrumento:

- Autorefractómetro Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM 5500: autorrefractómetro y queratómetro binocular de campo abierto que permite obtener los datos de la refracción dinámica y del tamaño pupilar gracias a la conexión con un ordenador externo (Figura 4.6 y 4.7). Su funcionamiento se basa en la proyección de un anillo infrarrojo fuera de la retina que se desplaza al foco aproximado gracias al rápido

movimiento de unas lentes monitorizadas. Posteriormente, la refracción se calcula a través de un análisis digital en múltiples meridianos. El radio corneal central se mide en 3 meridianos diferentes separados entre ellos en 60°.

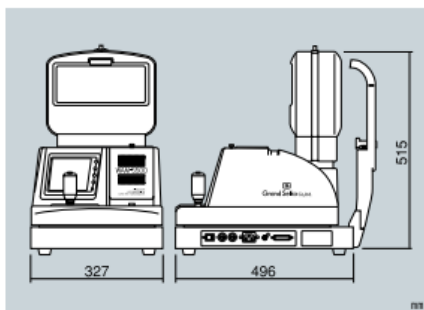


Figura 4.6. Dimensiones totales WAM 5500



Figura 4.7. Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM 5500

Las características técnicas del autorrefractómetro WAM-5500 es el siguiente:

Especificaciones técnicas WAM 5500	
Medición de la refracción	
Esfera $\pm 22D$ (pasos de 0.01/0.12/0.25D)	
Cilindro $\pm 10D$ (pasos de 0.01/0.12/0.25D)	
Eje 0 – 180° (pasos de 1 °)	
Medición del radio corneal	
Radio corneal 5 – 10 mm (pasos de 0.1mm)	
Potencia refractiva 33.75 – 67.5D (pasos de 0.01/0.12/0.25D)	
Potencia cilíndrica 0 - $\pm 9D$	
Eje 0 – 180° (pasos de 1 °)	
Diámetro pupilar	
2 – 8 mm (pasos de 0.1mm)	

Tabla 4.2. Especificaciones técnicas WAM 5500

Destacar, que los dos instrumentos de mayor importancia en este estudio han sido el Eyelink 1000 plus y el Autorefractómetro Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM 5500.

5. METODOLOGÍA

En este apartado se comentan las consideraciones éticas que se han tenido en cuenta para la realización del estudio, los criterios de inclusión y exclusión de la muestra de sujetos para participar en él. A continuación se describen los parámetros a tener en cuenta en el estudio y finalmente el protocolo llevado a cabo para la realización de las pruebas experimentales.

5.1 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Al realizar un estudio que requiere una parte experimental con seres humanos, es necesario conocer los requisitos éticos, legales y jurídicos. Para la realización de este estudio, hemos tenido en cuenta la Declaración de Helsinki, de la Asociación Médica Mundial (AMM) como propuesta de principios éticos para la investigación médica en seres humanos (2008).

Antes de realizar las pruebas, se entregó a cada participante de la muestra un documento en el que se detallaba la finalidad del estudio y nos asegurábamos de que el sujeto había entendido toda la información explicada. Seguidamente, el participante leía y firmaba la hoja del consentimiento informado (Anexo 1). En ese momento, procedíamos a la realización de la prueba.

En todo momento se respetó el derecho de los participantes, guardando su identidad y confidencialidad de acuerdo con la normativa española, “Ley Orgánica 15/1999”, así como respetando el derecho del participante a abandonar el estudio si lo consideraba necesario.

5.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para la selección de los sujetos, principalmente tenían que tener una agudeza visual, tanto en visión lejana como en visión próxima y en escala decimal, igual a la unidad con la mejor corrección, una sensibilidad al contraste y punto próximo de convergencia dentro de los parámetros de normalidad.

Todas las pruebas han sido realizadas en el edificio GAIA de la Universidad Politécnica de Catalunya en el Campus de Terrassa entre los meses de Noviembre del 2015 y Febrero del 2016.

Los requisitos que habían de cumplir los participantes para poder ser incluidos o excluidos del estudio son los siguientes:

Criterios de inclusión:

- Agudeza visual monocular y binocular en visión lejana y próxima igual o superior a 1 decimal, tanto las ametropías corregidas con gafas como con lentes de contacto blandas.
- Una refracción en gafa inferior o igual a ± 6 dioptrías de esfera y ± 0.50 dioptrías de astigmatismo.
- Fluidez y comprensión lectora dentro de nuestros parámetros de normalidad.

- Sensibilidad al contraste dentro de los parámetros de normalidad.

Criterios de exclusión:

- Antecedentes de estrabismo y/o ambliopía
- Foria horizontal superior a 6Δ de exoforia (x') y 4Δ endoforia (e').
- Dislexia
- PPC $>10\text{cm}$
- Uso de lentes Orto-K
- Antecedentes de cirugía ocular
- Patología ocular activa

5.3 PARÁMETROS DEL ESTUDIO

Las diferentes pruebas de movimientos sacádicos, fijaciones, regresiones y saltos de línea se han desarrollado con el programa informático Experiment Builder.

Los parámetros que se han estudiado para los movimientos sacádicos, de regresión y saltos de línea son los siguientes:

- Número de movimientos
- Duración
- Amplitud en X
- Amplitud en Y
- Velocidad media

Los parámetros que se han estudiado para las fijaciones son los siguientes:

- Número
- Longitud

También se ha tenido en cuenta la durabilidad de la lectura de los diferentes textos con el mismo formato y longitud.

En la segunda parte del trabajo los parámetros a tener en cuenta para la evaluación del retardo acomodativo han sido los siguientes:

- Esfera y cilindro en visión lejana
- Esfera y cilindro en visión próxima
- Equivalentes esféricos en visión lejana y próxima

Estos parámetros han sido medidos con el autorefractómetro binocular de Seiko Wam (WAM 5500).

5.4 PROTOCOLO DE MEDIDA

El procedimiento para la realización del estudio ha consistido en citar a los participantes en dos sesiones diferentes, primeramente se les explicaba la finalidad del estudio y se realizaba la firma del consentimiento informado (Anexo 1).

Durante la primera sesión se realizaban las pruebas incluidas en la ficha de inclusión/exclusión del estudio (Anexo 2), donde valorábamos la agudeza visual en visión lejana y próxima, la visión del color, la sensibilidad al contraste, el punto próximo de convergencia, el punto próximo de acomodación y el cover test. Posteriormente, se procedía a la elección de un módulo de aleatoriedad (Anexo 3). En estas tablas, están incluidas las pruebas de 3 proyectos más que utilizaron la misma base de pacientes, están divididas en 5 módulos, de los cuales nosotros sólo hemos extraído las correspondientes a las condiciones de prismas de baja potencia.

Cuando el participante tenía escogida su tabla de aleatoriedad se procedía a realizar las pruebas con el Eyelink 1000 plus. El protocolo a seguir con cada sujeto al realizar la batería de pruebas ha sido el siguiente:

Calibración

Situar al sujeto cómodamente, apoyando frente y barbilla en la mentonera con su corrección habitual.

Indicaciones al sujeto de permanecer con la cabeza inmóvil y que vaya mirando un estímulo redondo y negro que irá desplazándose por diferentes posiciones de mirada en la pantalla.

Calibración monocular mediante el Host PC y el Eyelink 1000 plus.

Calibración binocular mediante el Host PC y el Eyelink 1000 plus. En la Figura 5.1 se muestra la representación de la calibración realizada a uno de los sujetos del estudio.



Figura 5.1. Representación de la calibración inicial de la prueba con un participante

Desarrollo de las pruebas

Anteponemos la condición 1, 2, 3, 4, siempre delante del ojo derecho, o neutro según aleatoriedad.

- Condición 1: 2 Δ Base Nasal
- Condición 2: 2 Δ Base Temporal
- Condición 3: 5 Δ Base Nasal
- Condición 4: 5 Δ Base Temporal

Cada prisma era sujetado para cada participante con su propia mano y bien acomodado para evitar posición errónea.

Tal y como comentábamos anteriormente, los sujetos de nuestro estudio han sido partícipes en 3 más, de los cuales también tenían diferentes condiciones y que han sido evaluadas de forma aleatoria y conjuntamente con este.

Indicamos al sujeto que aparecerán cuatro textos que tendrá que leer y al final de cada lectura de cada texto, tendrá que avisarnos y procederemos a realizar una pregunta para evaluar la comprensión lectora del párrafo (Anexo 4 y 5). A continuación, en la Figura 5.2 se muestra la representación de uno de los sujetos realizando la prueba.



Figura 5.2. Representación de un participante realizando lectura de uno de los textos

Todas las pruebas se han realizado a una distancia de 50 cm, desde donde se sitúa el sujeto hasta la pantalla donde se muestran los textos, y en condiciones fotópicas, la iluminación estaba regulada por la misma pantalla.

Una vez finalizada la prueba, se pide al paciente que se retire de la mentonera. Todos los resultados quedan guardados automáticamente en el ordenador y divididos en diferentes carpetas para los 4 estudios.

Todos los textos de lectura procedían del libro “La chica del tren” con el mismo formato para todas las condiciones, se componían de 10 líneas con interlineado simple y con el mismo nivel de comprensión lectora. El tamaño de letra utilizada ha sido 12 y diseño *Palatino Linotype*, con márgenes horizontales de 250, superior 200 e inferior 100.

En la segunda sesión se procedía a la medición con el autorefractómetro binocular de Seiko Wam (WAM 5500), que nombraremos como WAM 5500. El protocolo a seguir con cada sujeto para realizar la segunda batería de pruebas ha sido el siguiente:

Medición en visión lejana

Situar al sujeto cómodamente, apoyando frente y barbilla en la mentonera con su corrección habitual.

Indicaciones al sujeto que permanezca con la cabeza inmóvil y que fije la mirada en la cruz de Malta situada a una distancia de 6 metros, considerada como infinito, y realizamos la medida. El WAM 5500 realiza 10 medidas con una sola medida y realiza la media de todas.

Medición en visión próxima

Posteriormente, situamos la barra con el test de lectura a 50 cm del paciente y le indicamos que se fije en una de las letras correspondientes a una agudeza visual de 0 logMAR, realizamos las siguientes mediciones siguiendo el mismo orden de aleatoriedad que se ha seguido en las mediciones con el Eyelink 1000 plus. En la Figura 5.3 se muestra la representación del montaje para las mediciones en visión próxima con uno de los sujetos.



Figura 5.3. Representación montaje para las mediciones en visión próxima

6. INTERPRETACIÓN DE REGISTROS

En este apartado se explican los programas que hemos utilizado para el diseño de los experimentos y como se han obtenido los datos de motilidad ocular mediante el eye tracker empleado. También se desarrolla la forma en la que hemos caracterizado los diferentes movimientos oculares estudiados e interpretado los registros obtenidos. Por otro lado, se explica el mecanismo de obtención de datos mediante el autorefractómetro WAM 5500 y los registros obtenidos y su interpretación.

6.1 OBTENCIÓN DE DATOS

A continuación, se explica de qué forma se han obtenido los datos de los movimientos oculares para las pruebas de cada paciente y el retardo acomodativo.

MOVIMIENTOS OCULARES:

Una vez que el sujeto ha realizado la prueba en las diferentes condiciones, se obtienen dos archivos diferentes de Excel, uno para las fijaciones y otro para los movimientos sacádicos:

- **Fixation report:** obtenemos un archivo en formato Excel que recopila el número total y la duración (ms) de todas las fijaciones que se han realizado durante la lectura de los diferentes textos. Los datos proporcionados son los mostrados en la siguiente tabla (Tabla 6.1):

RECORDING_SESSION_LABEL	CURRENT_FIX_DURATION	CURRENT_FIX_START	CURRENT_FIX_END	TRIAL_INDEX
id31	157	7	163	1
id31	163	173	335	1
id31	140	377	516	1
id31	170	533	702	1
id31	170	720	889	1
id31	185	915	1099	1

Tabla 6.1. Representación de los datos obtenidos mediante el eye tracker para las fijaciones durante la lectura

- **Saccade report:** Obtenemos un archivo en formato Excel que recopila todos los parámetros que describen los movimientos sacádicos que se han realizado durante la lectura de los diferentes textos, y que caracteriza sacádico por sacádico. Los datos proporcionados son los mostrados en la siguiente tabla (Tabla 6.2):

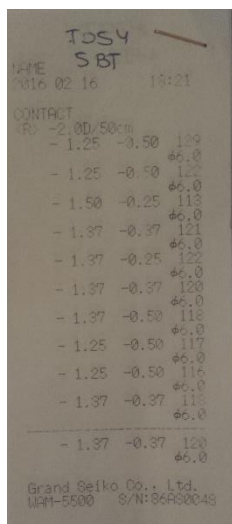
RECOR	CURRENT_SAC_DURATION	CURRENT_SAC_START_TIME	CURRENT_SAC_END_TIME	CURRENT_SAC_AVG_VELOCITY	TRIAL_INDE	CURRENT_SAC_DIRECTION	CURRENT_SAC_START_X	CURRENT_SAC_END_X	CURRENT_SAC_START_Y	CURRENT_SAC_END_Y
id102	183	190	372	23,27	1	LEFT	508,5	354,7	311,7	348,8
id102	24	495	518	77,03	1	UP	340,9	300,9	332,1	258,5
id102	21	678	698	75,71	1	RIGHT	352,7	294	242,5	237,3
id102	10	880	889	39,37	1		362,9	377,4	237,8	239
id102	18	1013	1030	62,35	1	RIGHT	383,2	424,3	235,9	230,5
id102	14	1224	1237	54,42	1	RIGHT	446,2	474,1	228,3	225,8
id102	13	1414	1426	55,32	1	RIGHT	482,4	508,7	226,7	223,7
id102	13	1623	1635	49,06	1	RIGHT	515	538,3	224,9	221,9
id102	23	1853	1875	66,48	1	RIGHT	545,8	601,9	223,8	219,5
id102	17	2096	2112	64,34	1	RIGHT	619,6	659,9	225,7	225
id102	42	2298	2339	115,02	1	LEFT	665,2	488,1	233,3	212,5
id102	17	2708	2724	58,24	1	LEFT	474	438,2	218,2	226,9

Tabla 6.2. Representación de los datos obtenidos mediante el eye tracker para los movimientos sacádicos durante la lectura

Para cada sujeto se ha obtenido un Fixation report y un Saccade report. Dentro de cada uno de estos archivos se obtiene todo el registro de los datos en las diferentes lecturas de los textos, que posteriormente se han caracterizado y tratado. No todos los datos obtenidos han sido analizados, ya que se realizaron manualmente los cálculos para obtener la longitud de fijación,

RETARDO ACOMODATIVO:

Para cada paciente obteníamos 10 medidas para cada condición, y automáticamente la media de todas ellas. En la Figura 6.2 se muestra un ejemplo de los datos:



Para cada sujeto se han obtenido un total de 4 medidas a una distancia de 50 cm con la anteposición de los diferentes prismas, 2 medidas a una distancia de 50 cm en condiciones

habituales y una medida en visión lejana. Con estos datos, se procedía a su introducción en un Excel común para su posterior análisis.

6.2 CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS OCULARES

Una vez los archivos ya han sido extraídos, se han caracterizado los diferentes parámetros que definen fijaciones, sacádicos, regresiones, saltos de línea y duración de la lectura, para su tratamiento y análisis posterior.

- Caracterización de fijaciones:

NÚMERO: El número de fijaciones que realizaba cada sujeto durante la lectura se ha obtenido directamente del Fixation report.

NÚMERO DE FIJACIONES/ 100 PALABRAS: Se ha definido como el número de fijaciones realizadas por el sujeto por cada 100 palabras del texto. Este valor ha sido calculado en función del total de palabras de los textos mostrados ($117,75 \pm 5,19$).

DURACIÓN: Nos indica el tiempo en milisegundos que tarda el sujeto en realizar esa fijación. Este dato ha sido obtenido directamente del Fixation report.

LONGITUD: Se ha definido como el final de un sacádico menos el inicio del sacádico posterior, en valor absoluto. Los valores de la longitud se han expresado en píxel.

AMPLITUD EN CARACTERES: Se ha definido como la extensión de la fijación en función de los caracteres. Este valor se ha calculado a partir de la media de caracteres (palabras + espacios) que había en los diferentes textos.

- Caracterización de sacádicos:

NÚMERO: El número de sacádicos que realizaba cada sujeto durante la lectura se ha obtenido directamente del Saccade report y filtrando los resultados manualmente en dirección RIGHT.

DURACIÓN: Nos indica el tiempo en milisegundos que tarda el sujeto en realizar ese movimiento. Este dato ha sido obtenido directamente del Saccade report y filtrando manualmente en dirección RIGHT.

AMPLITUD EN X: Se ha definido como la diferencia entre el final e inicio del mismo sacádico en el eje X y en dirección RIGHT. Los valores se han expresado en píxel.

AMPLITUD EN Y: Se ha definido como la diferencia entre el final e inicio del mismo sacádico en el eje Y y en dirección RIGHT. Los valores se han expresado en píxel.

AMPLITUD EN CARACTERES: Se ha definido como la extensión del sacádico en función de los caracteres. Este valor se ha calculado a partir de la media de caracteres (palabras + espacios) que había en los diferentes textos.

VELOCIDAD MEDIA: Se ha definido como la velocidad media realizada por todos los sacádicos durante la lectura. Los valores se han expresado en grados / segundos.

- **Caracterización de regresiones:**

NÚMERO: El número de regresiones que realizaba cada sujeto durante la lectura se obtenía directamente del Saccade report y filtrando los resultados manualmente en dirección LEFT.

DURACIÓN: Nos indica el tiempo en milisegundos que tarda el sujeto en realizar ese movimiento. Este dato ha sido obtenido directamente del Saccade report y filtrando manualmente los resultados en dirección LEFT.

AMPLITUD EN X: Se ha definido como la diferencia entre el final e inicio del mismo sacádico en el eje X y en dirección LEFT. Los valores se han expresado en píxel.

AMPLITUD EN Y: Se ha definido como la diferencia entre el final e inicio del mismo sacádico en el eje Y y en dirección LEFT. Los valores se han expresado en píxel.

AMPLITUD EN CARACTERES: Se ha definido como la extensión de la regresión en función de los caracteres. Este valor se ha calculado a partir de la media de caracteres (palabras + espacios) que había en los diferentes textos.

VELOCIDAD MEDIA: Se ha definido como la velocidad media realizada por todas las regresiones durante la lectura y en dirección LEFT. Los valores se han expresado en grados / segundos.

PORCENTAJE: Se ha definido como el porcentaje total de regresiones realizadas en la duración total de la lectura.

- **Caracterización de saltos de línea:**

NÚMERO: El número de saltos de línea que realizaba cada sujeto durante la lectura se obtenía directamente del Saccade report y filtrando los resultados manualmente en dirección LEFT.

DURACIÓN: Nos indica el tiempo en milisegundos que tarda el sujeto en refijar la mirada desde el final al inicio de la siguiente línea. Este dato ha sido obtenido directamente del Saccade report y filtrando manualmente los resultados en dirección LEFT.

AMPLITUD EN X: Se ha definido como la diferencia entre el final e inicio del mismo sacádico en el eje X y en dirección LEFT. Los valores se han expresado en píxel.

AMPLITUD EN Y: Se ha definido como la diferencia entre el final e inicio del mismo sacádico en el eje Y y en dirección LEFT. Los valores se han expresado en píxel.

VELOCIDAD MEDIA: Se ha definido como la velocidad media realizada por los ojos en realizar el salto de línea y en dirección LEFT. Los valores se han expresado en grados / segundos.

Las regresiones y saltos de línea han sido identificados manualmente en los resultados obtenidos en dirección LEFT. Los saltos de línea se han definido como valores mucho más superiores que las regresiones, puesto que éstas son movimientos oculares más pequeños.

- **Duración de la lectura:** Se ha definido como la diferencia del tiempo final menos el tiempo inicial. Los valores se han expresado en segundos y obtenidos directamente del Saccade report.

6.3 CARACTERIZACIÓN DEL RETARDO ACOMODATIVO

Una vez se han realizado las medidas, se han caracterizado los diferentes parámetros que definen el retardo acomodativo, para su tratamiento y análisis posterior.

- **Equivalente esférico en visión lejana:** Se define como la suma de la esfera en visión lejana más la mitad del cilindro en visión lejana. Ejemplo:

$$(-0,4 / 2) + 1,25 = +1,05 \text{ D}$$

- **Equivalente esférico en visión próxima:** Se define como la suma de la esfera en visión próxima más la mitad del cilindro en visión próxima.
- **Retardo acomodativo:** Se define como la diferencia entre el equivalente esférico en visión próxima y el equivalente esférico en visión lejana más 2D (medidas realizadas a 50cm).

7. RESULTADOS

A continuación, presentaremos los resultados de nuestro estudio. Primeramente, haremos una descripción de la muestra y de los movimientos oculares, y seguidamente, mostraremos los resultados de los efectos de las diferentes condiciones en la lectura de los diferentes textos.

7.1 TRATAMIENTO DE DATOS

Con los resultados ya obtenidos, hemos estructurado dos bases de datos de la siguiente manera: una donde figuran todos los resultados obtenidos mediante el Eyelink 1000 Plus y otra con los resultados obtenidos mediante el WAM 5500. A continuación pasamos a detallar la estructura de las bases de datos en las tablas 7.1 y 7.2:

ID	Número identificador
Edad	Edad del paciente
Sexo	Número 1 corresponde al sexo masculino. Número 2 corresponde al sexo femenino
Condición	Condición 1 corresponde a 2ΔBN Condición 2 corresponde a 2ΔBT Condición 3 corresponde a 5ΔBN Condición 4 corresponde a 5ΔBT Condición 5 corresponde al Habitual 1 Condición 6 corresponde al Habitual 2
Global	Tiempo inicial (ms) Tiempo final (ms) Duración de la lectura (ms) Duración de la fijación (ms) Duración del sacádico (ms) Amplitud de la fijación (píxel)
Fijaciones	Número Longitud (píxel)
Sacádicos	Número Duración (ms) Amplitud en X (píxel) Amplitud en Y (píxel) Velocidad media (°/s)
Regresiones	Número Duración (ms) Amplitud en X (píxel) Amplitud en Y (píxel) Velocidad media (°/s)

Salto de línea	Número Duración (ms) Amplitud en X (píxel) Amplitud en Y (píxel) Velocidad media (°/s)
-----------------------	--

Tabla 7.1. Descripción de la base de datos del Eyelink 1000 Plus. Movimientos oculares en lectura

ID	Número identificador
Edad	Edad del paciente
Sexo	Número 1 corresponde al sexo masculino. Número 2 corresponde al sexo Femenino
Condición	Condición 1 corresponde a 2ΔBN Condición 2 corresponde a 2ΔBT Condición 3 corresponde a 5ΔBN Condición 4 corresponde a 5ΔBT Condición 5 corresponde al Habitual 1 Condición 6 corresponde al Habitual 2
Esf_VL	Valor que corresponde a la esfera obtenida en visión lejana
Cil_VL	Valor que corresponde al cilindro obtenido en visión lejana
Esf_VP	Valor que corresponde a la esfera obtenida en visión próxima
Cil_VP	Valor que corresponde al cilindro obtenido en visión próxima
EE_VL	Valor que corresponde al equivalente esférico en visión lejana
EE_VP	Valor que corresponde al equivalente esférico en visión próxima
Retardo acomodativo	Valor que corresponde al retardo acomodativo

Tabla 7.2. Descripción de la base de datos del WAM 5500. Retardo acomodativo

Recordemos que para en análisis, hemos descartado los datos correspondientes a la primera y última línea del texto ya que podrían falsear los resultados, y sólo analizaremos la lectura de segunda a la novena línea de los textos.

Para realizar el análisis estadístico de los resultados hemos utilizado el programa estadístico SPSS (Startical Product and Service Solutions) versión 2.3.

El análisis de las diferentes variables cuantitativas se ha realizado mediante una estadística descriptiva, donde se han obtenido la media de los resultados, la desviación estándar de éstos, y el valor máximo y mínimo de los parámetros.

En nuestro estudio realizaremos una comparación de 3 o más grupos, para ello utilizaremos el análisis de la varianza (ANOVA). Que nos servirá para poder analizar las varianzas de los grupos

y ver si hay diferencias significativas o no entre las medias de cada uno de ellos en distintas condiciones. Obtendremos el valor del estadístico de contraste F, que nos dirá si las diferencias son estadísticamente significativas y el cual va asociado al valor p de probabilidad de que las diferencias sean simplemente por azar. El rango de valores es de 0 a 1, un valor de $p < 0.05$ nos indicará que es un resultado estadísticamente significativo.

Posteriormente al análisis de la varianza, determinaremos si entre los diferentes grupos existen diferencias estadísticamente significativas mediante un Post-hoc de Bonferroni.

7.2 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Las medidas se han realizado a un total de 28 personas que cumplían los requisitos de inclusión y exclusión, de edades comprendidas entre los 18 y los 25 años. En la tabla 7.3 podemos ver la media de edad de la muestra, la desviación estándar y sus valores máximos y mínimos.

Edad Media (años)	Desviación estándar (años)	Valor máximo (años)	Valor mínimo (años)
21,71	±2,37	25	18

Tabla 7.3. Descripción de la edad de la muestra total

El total de sujetos incluyen a 22 mujeres (78,6%) y 6 hombres (21,4%).

7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES DURANTE LA LECTURA

En este apartado mostraremos los resultados obtenidos de los diferentes parámetros estudiados de los movimientos oculares durante la lectura en condiciones habituales (Tabla 7.4). Antes de realizar los descriptivos de los diferentes movimientos oculares, se compararon los resultados de las condiciones del habitual 1 y 2, para determinar si son medidas repetibles y que no existían diferencias significativas. En casi la totalidad de las variables, no existen diferencias estadísticamente significativas al comparar los resultados en la repetición de medidas en condiciones habituales (ver tabla del resultado en Anexo 6). De esta manera a partir de ahora los resultados serán comparados con la condición Habitual 1. En la siguiente tabla (Tabla 7.4) se muestran los descriptivos de los movimientos oculares durante la lectura en las condiciones del Habitual1.

Descriptivos Habitual 1 (condición 5):

		Media	Mínimo	Máximo
Fijaciones	Número	109,37 ± 19,46	69	160
	Duración (ms)	214,62 ± 28,31	176,70	292,80
	Longitud (píxel)	6,13 ± 1,85	3,46	11,05
	Amplitud en caracteres	5,84 ± 1,08	3,87	8,98
	Número/100 palabras	92,88 ± 16,53	58,60	135,88
Sacádicos	Número	84,11 ± 14,61	54	116
	Duración (ms)	26,56 ± 6,84	16,20	45,47
	Amplitud_X (píxel)	55,26 ± 19,06	36,71	137,81
	Amplitud_Y (píxel)	2,96 ± 2,67	0,01	11,90
	Velocidad Media (º/s)	69,55 ± 12,23	56,25	122,33
	Amplitud_X en caracteres	7,59 ± 1,36	5,34	11,47
Regresiones	Número	11,11 ± 9,03	1	37
	Duración (ms)	20,96 ± 8,13	12,33	46
	Amplitud_X (píxel)	52,51 ± 30,37	21	144
	Amplitud_Y (píxel)	3,12 ± 3,61	0	15
	Velocidad Media (º/s)	64,57 ± 10,94	42,88	91
	Porcentaje	10,91 ± 7,39	1,82	25
Saltos de línea	Número	7,48 ± 0,85	7	10
	Duración (ms)	63,72 ± 12,81	27,71	84,63
	Amplitud_X (píxel)	429,30 ± 45,54	261,09	485,80
	Amplitud_Y (píxel)	23,72 ± 9,84	11,23	43,40
	Velocidad Media (º/s)	168,10 ± 17,64	138,57	204,78
Duración de la lectura (s)		26,63 ± 5,38	18	39

Tabla 7.4. Descriptivos de los movimientos oculares durante la lectura en condiciones habituales

En la tabla anterior (Tabla 7.4) muchas de las variables describen los movimientos oculares que dependen o bien de las características del texto, como por ejemplo su longitud, o del tamaño del píxel. Si pretendemos una descripción de los movimientos oculares durante la lectura que proporcione mejor información o comparar nuestros resultados con los de otros autores, hemos de calcular otros parámetros de interés que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 7.5). Estos se han calculado teniendo en cuenta que los textos utilizados de forma aleatoria tienen una extensión promedio de $117,75 \pm 5,19$ palabras y $619,5 \pm 6,61$ caracteres (incluyendo los espacios).

	Nº fijaciones / 100 palabras (x \pm sd)	Amplitud_X fijaciones en caracteres	Amplitud_X sacádicos en caracteres	Total Regresiones (%)
Habitual	92,88 \pm 16,53	5,84 \pm 1,08	7,59 \pm 1,36	10,91% \pm 7,39

Tabla 7.5. Parámetros de los movimientos oculares durante la lectura independiente a las características del texto

También hemos analizado la correlación que existe entre algunas de las variables estudiadas y la duración total del tiempo de lectura (ver tabla Anexo 7) mediante el coeficiente de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson nos permite realizar una medida de la relación lineal entre dos variables cuantitativas, es decir, nos permite medir el “grado” de relación entre dos variables. El valor de Pearson varía entre -1 y +1, donde +1 representa una correlación positiva y -1 una correlación negativa. Los valores cercanos a 0, presentan una dependencia débil, mientras que, los valores que están más cercanos a -1 y a +1 corresponden a una dependencia fuerte. En la siguiente tabla (Tabla 7.6) mostramos las correlaciones estadísticamente más significativas de nuestro estudio:

	Duración total de lectura (s)	
	Coeficiente Pearson	Significación
Nº Fijaciones	0,823	0,001
Duración fijaciones	0,586	0,001
Amplitud fijaciones en caracteres	-0,795	0,001
Nº fijaciones/100 palabras	0,823	0,001
Nº sacádicos	0,517	0,001
Amplitud sacádicos en caracteres	-0,546	0,001
Nº regresiones	0,560	0,001

Tabla 7.6. Correlación entre variables y la duración total de la lectura mediante el coeficiente de Pearson

A continuación, se muestran algunas de las gráficas de correlación entre la duración total de lectura y algunos de los parámetros estadísticamente significativos con una dependencia más fuerte:

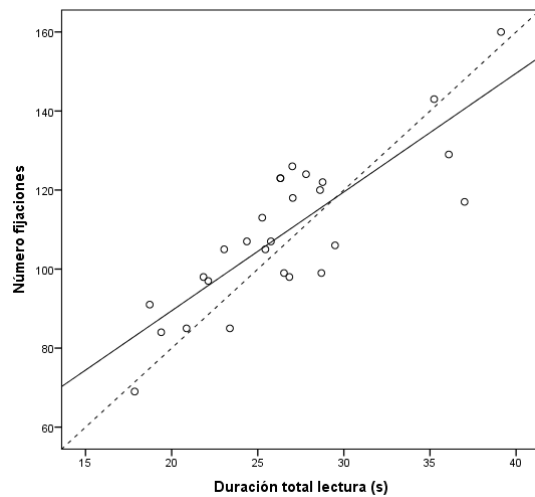


Gráfico 7.1. Correlación entre la duración total de lectura y número de fijaciones

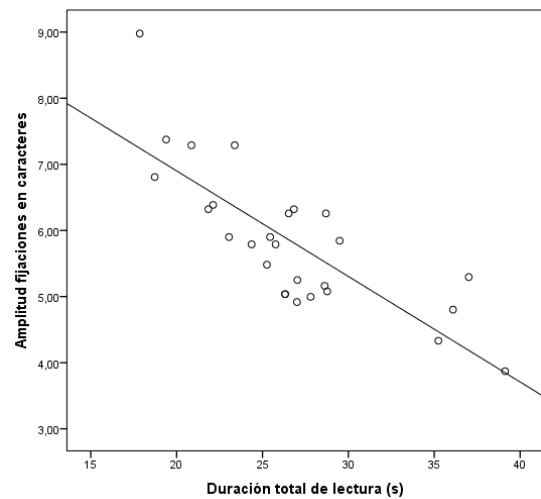


Gráfico 7.2. Correlación entre la duración total de lectura y amplitud de las fijaciones en caracteres

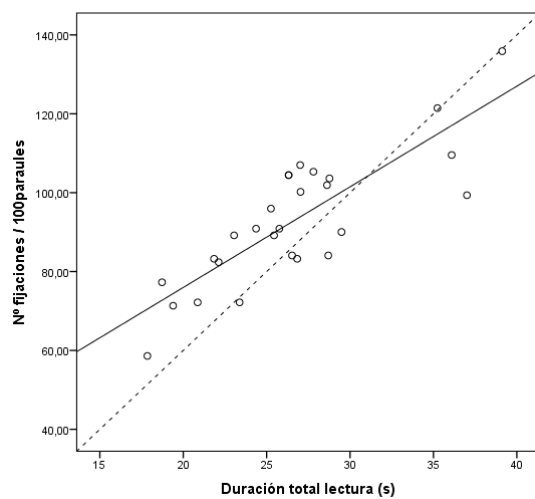


Gráfico 7.3. Correlación entre la duración total de lectura y número de fijaciones en 100 palabras

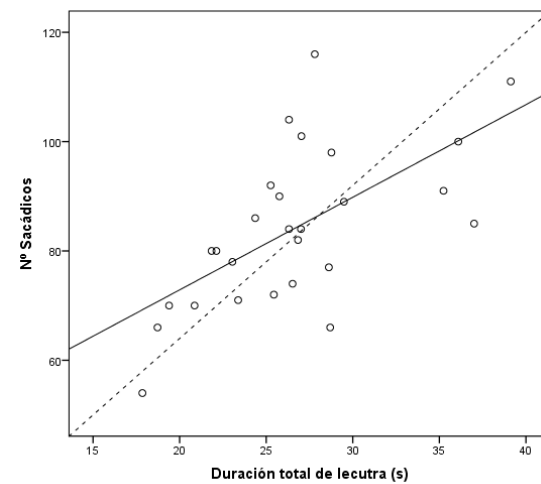


Gráfico 7.4. Correlación entre la duración total de lectura y número de sacádicos

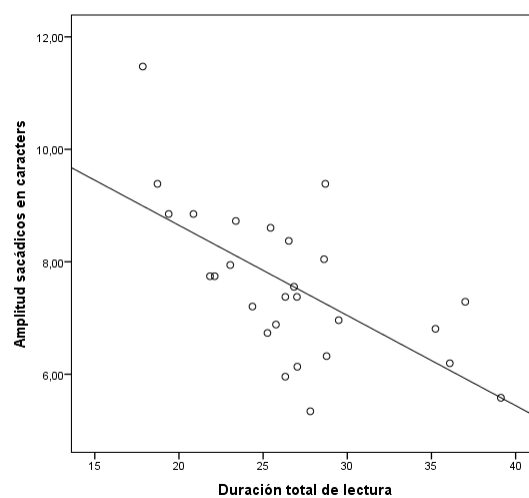


Gráfico 7.5. Correlación entre la duración total de lectura y amplitud sacádico en caracteres

7.4 DESCRIPCIÓN DEL RETARDO ACOMODATIVO

En este apartado mostraremos los resultados obtenidos del retardo acomodativo mediante el autorefractómetro WAM 5500 (Tabla 7.7). Primeramente, se compararon los resultados entre el Habitual 1 y el Habitual 2 para determinar la repetitividad de las medidas (ver tabla Anexo 8). Estadísticamente no existen diferencias significativas en ningún parámetro ($p=0,994$), por lo tanto, no se mostrará ninguna tabla de resultados para el retardo acomodativo.

	Retardo acomodativo (D) $\bar{x} \pm sd$	Mínimo (D)	Máximo (D)
Habitual	0,41 \pm 0,65	-1,43	1,70

Tabla 7.7 Descriptivo del retardo acomodativo

7.5 EFECTO DE LOS PRISMAS EN LOS MOVIMIENTOS OCULARES DURANTE LA LECTURA

En este apartado se presentarán los resultados de los efectos que tienen los prismas de baja potencia en los movimientos oculares. Primeramente, mostraremos los descriptivos para todas las condiciones de examen (Tabla 7.8 y Tabla 7.9). Posteriormente, se realizará el estudio de la varianza o ANOVA entre todas las variables y finalmente, el post-Hoc de Bonferroni para determinar qué variables son las que se ven afectadas de forma significativa en nuestro estudio. Todos los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 9. Tan solo analizaremos aquellas variables en las que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas.

		Habitual	2ΔBN	2ΔBT	5ΔBN	5ΔBT
Fijaciones	Número	109,37±19,46	116,87 ± 24,12	110,14±20,16	112,96±18,97	116,18 ±21,32
	Duración (ms)	214,62±28,31	216,88 ± 26,75	217,03±30,74	220,24 ±28,61	217,20 ±24,82
	Longitud (píxel)	6,13 ± 1,85	5,99 ± 2,27	6,64 ± 2,75	6,11 ± 2,02	6,27 ± 2,45
	Amplitud en caracteres	5,84 ± 1,08	5,56 ± 1,20	5,82 ± 1,11	5,65 ± 1,08	5,52 ± 1,09
	Número/100 palabras	92,88 ± 16,53	98,73 ± 20,49	93,54 ± 17,12	95,94 ± 16,11	98,67 ± 18,11
Sacádicos	Número	84,11 ± 14,61	80,89 ± 12,11	76,68 ± 11,16	80,00 ±10,90	79,93 ± 12,31
	Duración (ms)	26,56 ± 6,84	25,48 ± 7,04	26,32 ± 7,44	27,02 ±13,64	25,18 ± 5,19
	Amplitud_X (píxel)	55,26 ± 19,06	54,17 ± 10,12	57,97 ± 10,28	53,48 ± 9,41	56,82 ± 11,52
	Amplitud_Y (píxel)	2,96 ± 2,67	2,33 ± 1,69	4,60 ± 2,23	2,05 ± 1,58	4,92 ± 2,35
	Velocidad Media (º/s)	69,55 ± 12,23	68,42 ± 5,90	70,46 ± 6,92	67,75 ± 6,02	70,61 ± 7,47
	Amplitud_X en caracteres	7,59 ± 1,36	7,88 ± 1,25	8,27 ± 1,36	7,90 ± 1,18	7,93 ± 1,26

Tabla 7.8. Descriptivos de los movimientos sacádicos y fijaciones en las diferentes condiciones de examen

		Habitual	2ΔBN	2ΔBT	5ΔBN	5ΔBT
Regresiones	Número	11,11 ± 9,03	17,71 ± 8,40	17,75 ± 8,08	22,21 ± 6,47	27,93 ± 9,42
	Duración (ms)	20,96 ± 8,13	20,13 ± 5,07	21,00 ± 5,58	20,49 ± 6,01	20,22 ± 4,62
	Amplitud_X (píxel)	52,51 ± 30,37	45,89 ± 11,58	47,47 ± 14,07	46,52 ± 16,00	47,39 ± 14,93
	Amplitud_Y (píxel)	3,12 ± 3,61	2,17 ± 1,95	2,15 ± 2,01	4,94 ± 2,91	3,31 ± 1,91
	Velocidad Media (º/s)	64,57 ± 10,94	62,33 ± 8,06	62,16 ± 8,40	61,90 ± 9,20	63,37 ± 8,63
	Porcentaje	10,91% ± 7,39	17,43% ± 6,03	18,38% ± 6,22	21,56% ± 4,90	25,57% ± 5,65
Saltos de línea	Número	7,48 ± 0,85	7,00 ± 0,27	7,11 ± 0,315	7,14 ± 0,45	7,18 ± 0,39
	Duración (ms)	63,72 ± 12,81	76,63 ± 23,30	73,90 ± 13,23	75,13 ± 7,40	74,68 ± 6,75
	Amplitud_X (píxel)	429,30±45,54	433,21 ± 26,36	442,42±29,46	434,40±28,24	448,20 ±27,48
	Amplitud_Y (píxel)	23,72 ± 9,84	18,11 ± 9,52	30,11 ± 14,22	11,18 ± 9,57	41,99 ± 13,27
	Velocidad Media (º/s)	168,10±17,64	167,74 ± 18,09	171,32±16,81	169,00±16,21	175,71 ±18,23
Duración de lectura (s)		26,63 ± 5,38	28,27±7,12	26,93±6,33	27,93±5,70	27,92±5,89

Tabla 7.9. Descriptivos de regresiones y saltos de línea en las diferentes condiciones de examen

Al realizar el estudio de la varianza (ANOVA) de las diferencias, hemos obtenido resultados estadísticamente significativos, es decir $p < 0,05$, en las siguientes variables que se muestran en la tabla (Tabla 7.10):

	Amplitud_Y sacádicos	Nº regresiones	Total regresiones %	Nº saltos línea	Duración saltos línea	Amplitud_Y saltos líneas
Valor p	0,001	0,001	0,001	0,004	0,003	0,001

Tabla 7.10. Variables estadísticamente significativas obtenidas con ANOVA entre las diferentes variables de las condiciones 2ΔBN, 2ΔBT, 5ΔBN, 5ΔBT y el Habitual 1

Ahora que ya sabemos que variables son las estadísticamente significativas, mediante el Post-Hoc de Bonferroni determinaremos en qué condiciones concretamente estas variables se ven modificadas y con qué valores, respecto a la condición habitual. Se presentan en la siguiente tabla (Tabla 7.11):

	Condición (I)	Condición (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Significación
Amplitud_Y sacádicos (píxel)	Habitual	2ΔBT	-1,64	0,56	0,061
		5ΔBT	-1,96	0,56	0,009
Nº regresiones	Habitual	2ΔBT	-6,64	2,26	0,058
		5ΔBN	-11,10	2,26	0,001
		5ΔBT	-16,82	2,26	0,001
% Total regresiones	Habitual	2ΔBN	-6,52	1,70	0,003
		2ΔBT	-7,47	1,70	0,001
		5ΔBN	-10,66	1,70	0,001
		5ΔBT	-14,66	1,70	0,001
Nº Saltos de línea	Habitual	2ΔBN	0,48	0,16	0,043
Duración saltos de línea (ms)	Habitual	2ΔBN	-12,91	3,58	0,006
		5ΔBN	-11,42	3,58	0,026
		5ΔBT	-10,97	3,58	0,038
Amplitud_Y saltos de línea (píxel)	Habitual	5ΔBN	12,54	3,18	0,002
		5ΔBT	-18,27	3,18	0,001

Tabla 7.11. Comparación de las variables que tienen una diferencia estadísticamente significativa respecto el Habitual 1 mediante Post-Hoc de Bonferroni (mostaza=2ΔBN, verde=2ΔBT, azul=5ΔBN, rosado=5ΔBT)

A continuación se muestran los gráficos de las variables estadísticamente significativas para las diferentes condiciones con un intervalo de confianza (porcentaje de los datos) para la media del 95%. Mediante estas barras de error podemos ver las significación de los resultados obtenidos, mediante la longitud de las barras identificamos la cantidad de dispersión que hay en nuestros datos, es decir, unas barras muy largas indican más error que barras de longitudes pequeñas.

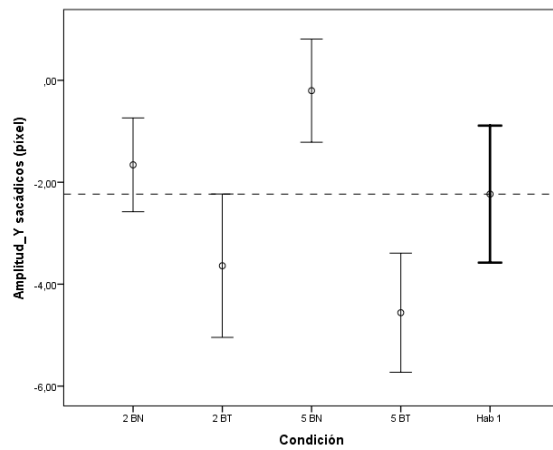


Gráfico 7.6. Representación diagrama barras de error amplitud_Y sacádicos respecto la condición

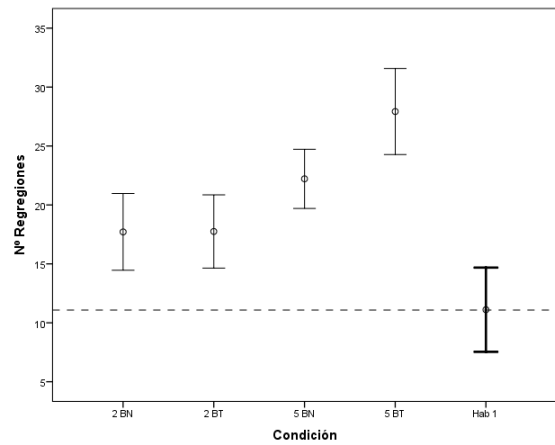


Gráfico 7.7. Representación diagrama barras de error nº de regresiones respecto la condición

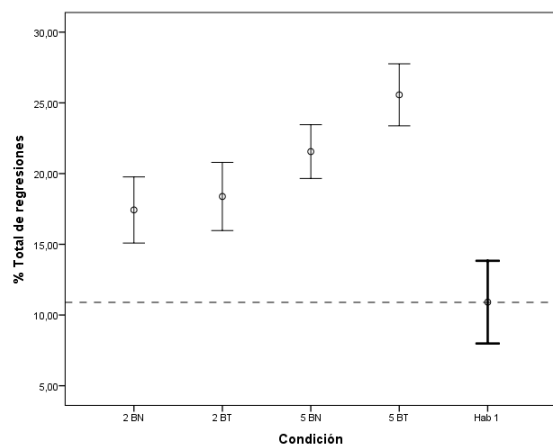


Gráfico 7.8. Representación diagrama barras de error % de regresiones total respecto la condición

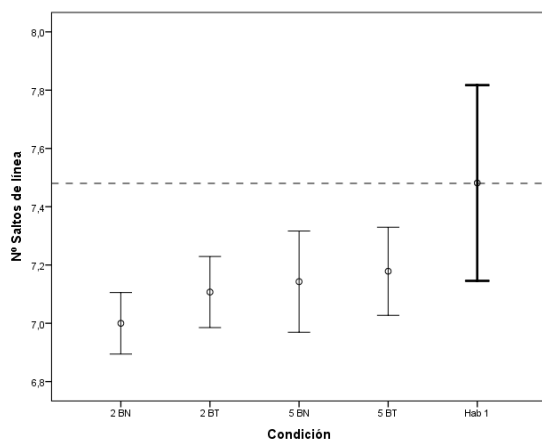


Gráfico 7.9. Representación diagrama barras de error nº de saltos de línea respecto la condición

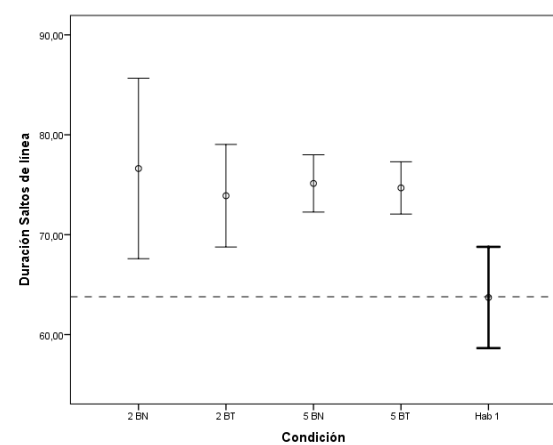


Gráfico 7.10. Representación diagrama barras de error duración saltos de línea respecto la condición

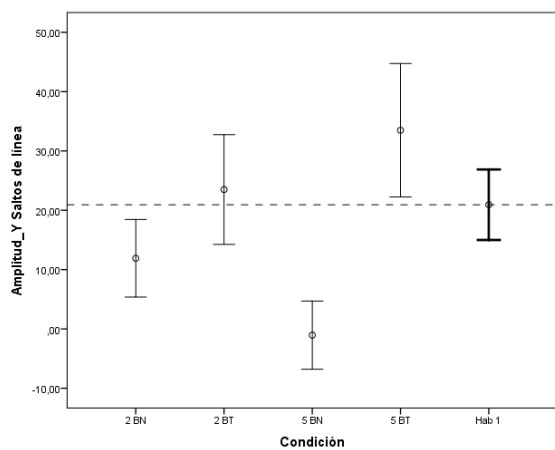


Gráfico 7.11. Representación diagrama barras de error amplitud_Y de saltos de línea respecto la condición

7.6 EFECTO DE LOS PRISMAS EN EL RETARDO ACOMODATIVO

Para el análisis del efecto de los prismas en el retardo acomodativo no se obtienen datos estadísticamente significativos en ninguna de las cuatro condiciones estudiadas. Mediante el análisis de la varianza o ANOVA, que nos realiza un análisis entre todas las condiciones, hemos obtenido una significación de 0,944. Entendiendo así que no hay datos estadísticamente significativos entre ellas (Anexo 8). A continuación, en el Gráfico 7.12 se muestra las diferentes condiciones estudiadas respecto al Habitual 1, donde podemos observar que todos los retardos acomodativos son positivos. Los datos representados están en un intervalo de confianza para la media del 95%.

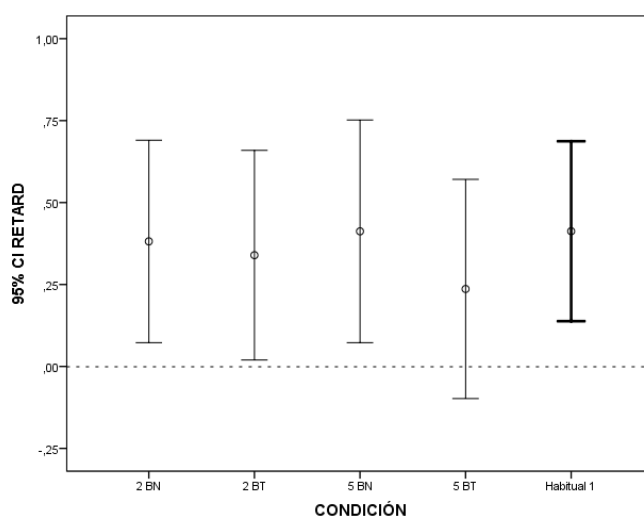


Gráfico 7.12. Representación diagrama barras de error del retardo acomodativo respecto la condición

8. DISCUSIÓN

En este apartado analizaremos los resultados obtenidos en nuestro estudio y se compararan con otras investigaciones relacionadas de otros autores. Primeramente, comentaremos los resultados obtenidos en condiciones habituales, y posteriormente realizaremos la discusión entre los resultados en condiciones habituales y los obtenidos con las distintas condiciones con las que se ha realizado este estudio. Hay muy pocos investigadores que hayan estudiado más a fondo sobre el efecto de factores ópticos en los movimientos oculares en lectura mediante un eye tracker y también sobre el efecto de los prismas de baja potencia en los movimientos oculares durante la lectura y el retardo acomodativo.

8.1 EFECTO DE LOS PRISMAS DE BAJA POTENCIA EN LOS MOVIMIENTOS OCULARES DURANTE LA LECTURA

En nuestros resultados y en condiciones habituales, los sujetos han realizado $92,88 \pm 16,53$ fijaciones por cada 100 palabras con un porcentaje total de $10,91 \pm 7,39$ regresiones. Comparando estos resultados con otros estudios, vemos que no existen diferencias con sus resultados. En el estudio de Star y Rayner en 2001, obtuvieron que por cada 100 palabras, un sujeto adulto realizaba 94 fijaciones y un 14% de regresiones. Otros estudios realizados por Blythe, Liversedge, Joseph, White, Findlay and Rayner en 2006, en condiciones normales, obtuvieron resultados del $20,5\% \pm 9,3$ de regresiones para adultos de entre 18 y 21 años.

Según nuestros resultados hemos observado, que en condiciones normales, a mayor número de fijaciones, sacádicos y regresiones, mayor es el tiempo de lectura y éste es menor cuando la amplitud de las fijaciones y de los sacádicos es mayor. Estos resultados coinciden con los de Díaz et al (2004), que concluyó que la velocidad de lectura se veía condicionada especialmente por la duración de las fijaciones y por el número de regresiones. Otros autores como Rayner y Pollatsel en 1989, determinaron que con una mayor dificultad del texto, mayor era la duración de la lectura y se realizaban más fijaciones y regresiones con una menor amplitud del movimiento sacádico. Todos estos datos corroboran los resultados en este estudio.

Por otro lado hemos observado, que la anteposición de un prisma de baja potencia horizontal no tiene ningún efecto sobre el tiempo de lectura. Dysli, Vogel y Abegg (2014) coinciden con nuestros resultados, ya que demuestran que la velocidad lectora no se ve significativamente afectada por prismas horizontales y verticales de baja potencia.

En cuanto a las fijaciones, hemos obtenido que el efecto de los prismas de baja potencia no afecta al número de fijaciones, y tampoco afecta significativamente en su duración ni longitud. Algunos de estos datos también quedan confirmados con el estudio de Dysli, Vogel y Abegg, que tampoco obtuvieron diferencias significativas en la duración de las fijaciones con anteposición de $2,4$ y 6Δ de base nasal y base temporal y 1 y 2Δ de base vertical.

En nuestro estudio, hemos obtenido diferencias significativas importantes en los sacádicos y en los saltos de línea para la amplitud en el eje Y. Hemos observado que para los saltos de línea, la amplitud en el eje Y, puede llegar a aumentar su valor en casi el 90% con el efecto de los prismas de base temporal, siendo valores de hasta $41,99 \pm 13,27$ píxeles con 5ΔBT. Todo y que anteponemos un prisma horizontal, se provoca una dificultad en la localización vertical, estando mayormente afectada durante el salto de línea. Cuando anteponemos un prisma de base temporal se provoca un cambio de la localización de los objetos, acercándolos más e induciendo una mayor demanda de convergencia sobre el sistema visual. De esta forma, no hemos podido justificar éste efecto sobre los saltos de línea y sacádicos, ya que no hemos encontrado ningún otro estudio que corrobore o contradiga nuestro resultado.

También, hemos obtenido resultados significativos en cuanto a la duración de los saltos de línea. La duración se ve aumentada, tanto para los prismas de base temporal como los prismas de base nasal, en menos y más potencia. Este resultado pone de manifiesto que el prisma inducido, independientemente a la adaptación que pueda existir, provoca una dificultad o imprecisión al cambiar de línea durante la lectura. Algunos autores como North y Henson en 1992 o Toole y Fogt en 2007, demostraron que la anteposición de prismas en sujetos sanos no induce a un cambio significativo ni en la velocidad de lectura ni en los movimientos oculares durante la lectura. Estos autores no entraron en otros detalles como los de nuestro estudio, debido a esto, no podemos referenciar este resultado puesto que no hay ningún artículo que lo corrobore o contradiga.

Además, hemos obtenido resultados significativos importantes en el aumento de número de regresiones, siendo un aumento similar para prismas de base temporal y prismas de base nasal, y mayor cuando la potencia prismática también es mayor. Cuando estudiamos el efecto de 5ΔBT se llega a duplicar el valor del porcentaje total de regresiones realizadas durante la lectura. Esto, nos lleva a concluir que existe un efecto indeseado de los prismas de baja potencia sobre la habilidad lectora. Dysli, Vogel y Abegg, en 2014, realizaron un estudio en el que participaron 16 sujetos sanos con una media de 23,5 años y utilizando 2,4 y 6 Δ de base nasal y base temporal, en el cual no encontraron diferencias significativas en el porcentaje total de regresiones.

Según Henson en 1980 el tiempo máximo de adaptación al prisma es igual o inferior a 1 minuto, mientras que en el estudio de Tuff et al. en el 2000, demuestra que la adaptación al prisma tenía lugar antes de los 2 minutos. En nuestro estudio cada lectura del texto era igual o inferior a 1 minuto, y según referencias tiempo suficiente para que se produjese la adaptación al prisma.

8.2 EFECTO DE LOS PRISMAS DE BAJA POTENCIA EN EL RETARDO ACOMODATIVO

En los resultados de la segunda parte de nuestro trabajo, no hemos encontrado resultados significativos del efecto de los prismas de baja potencia sobre el retardo acomodativo del sujeto, obteniendo un valor del 94,44% de no significación.

Aunque no obtenemos diferencia entre el retardo acomodativo con los prismas antepuestos, si miramos los valores descriptivos, el valor del retardo acomodativo con la anteposición de $5\Delta BT$ da valores inferiores a los obtenidos en condiciones habituales, siendo la media de 0,24D y 0,41D respectivamente. El retardo acomodativo en este caso también es inferior a las otras condiciones a las que hemos expuesto a los sujetos.

Otros autores como Handler y Fierston (2011), realizaron un estudio con niños en el que no establecieron ninguna relación causal entre la capacidad de lectura, el estado binocular y acomodativo, verificando de esta manera todos nuestros resultados.

En futuros estudios sería interesante realizar una investigación en sujetos con disfunciones binoculares para poder comparar el efecto de las variables significativas que hemos obtenido en este estudio y ver si afectan de la misma manera o no en sujetos no sanos, ya que no hay referencias anteriores de otros autores. Este estudio sería interesante llevarlo a cabo mediante el eye tracker, ya que en la actualidad no hay muchos autores que hayan estudiado los movimientos oculares durante la lectura mediante este instrumento.

9. CONCLUSIÓN

A continuación, con los resultados analizados y contrastados con estudios de otros autores, mostraremos las conclusiones extraídas de los resultados de este trabajo.

Las características principales de los movimientos oculares que realizan durante la lectura una muestra de jóvenes universitarios sin disfunciones binoculares son las siguientes:

Los jóvenes universitarios sin disfunciones binoculares realizan $92,88 \pm 16,53$ fijaciones por cada 100 palabras y un porcentaje total de $10,91 \pm 7,39$ regresiones.

Existe una correlación positiva entre el número de fijaciones, regresiones y sacádicos y la duración de la lectura, lo que significa que cuando estas variables aumentan también se incrementa el tiempo de lectura.

Existe una correlación negativa entre la amplitud de fijaciones y sacádicos en caracteres y la duración de lectura, lo que significa que cuando estas variables disminuyen, se incrementa el tiempo de lectura.

La anteposición de prismas de baja potencia, base nasal y base temporal, en sujetos sanos no induce a cambios significativos en la velocidad de lectura. Esto podría ser debido al efecto de la adaptación al prisma que tiene lugar en sujetos sin disfunciones en la visión binocular.

La anteposición de prismas de baja potencia, base nasal y base temporal, delante del sistema visual en sujetos con visión binocular normal no afecta al número, duración y longitud de las fijaciones.

La anteposición de prismas de baja potencia, base nasal y base temporal, delante del sistema visual en sujetos con visión binocular normal provoca una dificultad en la localización vertical durante los movimientos sacádicos y en los saltos de línea en lectura, siendo mayor esta imprecisión en el cambio de línea.

La duración de los saltos de línea se ve afectada por la anteposición de prismas de baja potencia, tanto para los prismas de base temporal como los prismas de base nasal, en menos y más potencia prismática, debido a la imprecisión que estos provocan.

La anteposición de prismas de baja potencia, base nasal y base temporal, delante del sistema visual en sujetos sanos provoca un aumento del número de regresiones realizadas durante la lectura. Este aumento llega a duplicar el porcentaje de regresiones cuando se anteponen 5 dioptrías base temporal.

Una mayor potencia prismática provoca un mayor número de regresiones durante la lectura.

Y finalmente, el retardo acomodativo no se ve afectado por la anteposición de prismas de baja potencia, tanto de base nasal como de base temporal.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez L., & González P. (1996). Dificultades en la adquisición del proceso lector. *Psicothema*, 8 (3), 573-586
- Bernal, J. (2012). Músculos extraoculares. Movimientos oculares. *Universidad autónoma de Aguascalientes*
- Berthoz, A., & Melville Jones, G. (1985). Adaptive properties of the saccadic system. In: Adaptive mechanisms in gaze control. *Elsevier Science*, 71-79
- Bravo, F. (2014). Anatomía y fisiología del globo ocular. SlideShare. <http://es.slideshare.net/fernilu99/globo-ocular-34542923>
- Carpenter, R.H.S. (1991). Eye movements. *Macmillan*
- Carroll, P.J., & Slowiaczek, M.L. (1986). Constraints on semantic priming in reading: A fixation time analysis. *Memory & Cognition*, 14, 509-522
- Castro, L. A. P. (1996). Dificultades en la adquisición del proceso lector. *Psicothema*, 8(3), 573-586
- Díaz, S., Gómez, A., Jiménez, C. Martínez, P. (2004). Bases optométricas para una lectura eficaz. Tesis. Mestría en Optometría y entrenamiento visual. Centro de optometría internacional. España
- Duffy, S. A., Morris, R.K., & Rayner, K. (1988). Lexical ambiguity and fixation times in reading. *Journal of Memory and Language*, 27, 429-446
- Dysli, M., Vogel, N., & Abegg, M. (2014). Reading performance is not affected by a prism induced increase of horizontal and vertical vergence demand. *Frontiers inhuman Neuroscience*, 8,431
- Ehrlich, S.F., & Rayner, K. (1981). Contextual effects on word perception and eye movements during reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 20, 641-655
- Glaser, J. S. (1993). Neurooftalmología. *Ediciones Científicas Técnicas. Masson-Salvat Medicina*, 37-39, 269-284
- Hoffman, L.G. (1980). Incidence of vision difficulties in children with learning disabilities. *Journal of the American Optometric Association*, 51 (5), 447-451
- Hugonnier, R. & Hugonnier, S. (1977). Estrabismos, heteroforias y parálisis oculomotrices: desequilibrios oculomotores en clínica. *Toray-Masson*
- Leigh, R.J., Zee, D.S. (1983). Diagnosis of central disorders of ocular motility. The neurology of eye movement. *Davis Cy FA*, 191-262
- Lieberman, S. (1985). The prevalence of visual disorders in a school, for emotionally disturbed children. *Journal of the American Optometric Association*, 56(10), 800-803
- Liversedge, S.P., & Findlay, J.M. (2000). Saccadic eye movements and cognition. *Trends in cognitive science*, 4(1), 7-8
- Lupón, M. (2001). Efectos prismáticos y descentramientos. *Edicions UPC*, Capítulo 10
- McDaniel, C. & Fogt, N. (2010). Vergence adaptation in clinical vergence testing. *Optometry*, 81(9), 469-475

- Martín Lobo, M.P. (2003) La lectura: procesos neuropsicológicos de aprendizaje, dificultades, programas de intervención y estudio de casos. *Lebón*
- Martín, R. Vecilla, G. (2010). Manual de optometría. *Editorial Médica Panamericana S.A.*, 85-88
- Murray W. S., Kennedy, A. *Spatial coding in the processing of anaphor by good and poor readers*. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 693-715. 1988.
- North, R., & Henson, D.B. (1981). Adaptation to Prism-Induced Heterophoria in Subjects with Abnormal Binocular Vision or Asthenopia. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 58 (9), 746-752
- North, R., & Henson, D.B. (1985). Adaptation to Lens-Induced Heterophorias. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 62 (11), 774-780
- North, R., & Henson, D.B. (1992). The effect of orthoptic treatment upon the vergence adaptation mechanism. *Optometry and visual science*, 69, 294-299
- Pollatsek, A., Raney, G.E., LaGasse, L., & Rayner, K. (1993). The use of information below fixation in reading and visual search. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 47, 179-200
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Lawrence, C K., La Mantia, A. S., McNamara, J. O., Wiliams, S. M. (2001). Neuroscience. *Ed. Sinauer Associates*
- Rayner, K., & Castelhana, M. (2007). *Scholarpedia*, 2(10), 36-49
- Rayner K., & Fischer M.H. (1996). Mindless reading revisited: Eye movements during reading and scanning are different. *Perception & Psychophysics*, 58, 734–747
- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1989). The psychology of reading. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hal*, 89-163, 45-377
- Rayner, K., & Well, A. D. (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 504-509.
- Recansens, M. (2005). Actividades para mejorar como lectores. Barcelona: *CEAC*
- Scheiman, M., & Wick, B. (1994). Clinical Management of Binocular Vision. Heterophoric, Accomodative, and Eye Movement Disorders. *J.B. Lippincott Company*, 339-404
- Sereno, S.C., O'Donnell, P.J., & Rayner, K. (2006). Eye movements and lexical ambiguity resolution: Investigating the subordinate bias effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 335-350
- Smyrnis, N. (2008). Metric issues in the study of eye movements in psychiatry. *Brain Cogn*, 68, 341-358
- Starr, M.S., & Rayner, K. (2001). Eye movementes during reading some current controversies. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 5(4), 156-163
- Stidwill, D., Fletcher, R. (2011). Normal binocular vision. Theory, investigation and practical aspects. *Wiley-Blackwell*, 23-51, 125-142

Toole, A. J., and Fogt, N. (2007). The forced vergence cover test and phoria adaptation. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 27, 461–472

Tuff, L.C, Firth, A.Y. & Griffiths, H.J. (2000). Prism vergence measurements following adaptation to a base out prism. *British Orthoptic Journal*, 57, 42-44

Williams, R.S., & Morris, R.K. (2004). Eye movements, word familiarity, and vocabulary acquisition. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 312-339

Yang, Q., Bucci, M. P., & Kapoula, Z. (2002). The latency of saccades, vergence, and combined eye movements in children and in adults. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 43(9), 2939–2949

Young, I.R., & ShEEena, D. (1975). Eye-movement measurement techniques. *Am Psychol.*, 30

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este estudio tiene como principal objetivo valorar el efecto de las lentes positivas y negativas, prismas, lentes cromáticas y el efecto del contraste y color del fondo sobre la motilidad ocular durante la lectura y la concordancia y repetibilidad de la medida del retardo acomodativo.

La participación en este estudio se divide en 2 sesiones, que se realizarán en el centro GAIA y que consisten en lo siguiente:

- Lectura de diversos textos del libro *“La chica del tren”* a través de diferentes lentes y prismas para evaluar la motilidad ocular mediante el Eye tracker *EyeLink*. Posteriormente, se realizarán preguntas sobre los textos para comprobar la comprensión lectora del sujeto en estudio.
- Evaluación de la motilidad ocular mediante el Eye tracker *EyeLink* con 3 contrastes y colores diferentes para pantalla y texto
- Evaluación del retardo acomodativo mediante el autorefractómetro *Seiko Wam*, se realizarán 3 medidas en visión lejana y visión próxima, con la anteposición de las diferentes lentes y prismas.
- Pruebas de MEM y Nott en ambos ojos.

Las pruebas serán realizadas por optometristas en horario de mañana y tarde.

Asimismo, es preciso firmar el presente documento:

Yo,.....con DNI....., autorizo a Txus Gascón, Anna León, Ainhoa Castellarnau, Helena Blanch y Lidia Mullor a que me realicen las pruebas necesarias para el correcto desarrollo del estudio, y doy mi constancia de que he sido debidamente informado previamente a mi participación.

Firma

Terrassa,.....de..... de 2015

ANEXO 2: Ficha de inclusión/exclusión del estudio

Nom:	Edat:	ID:	Data:
RX ACTUAL	EIX	CIL (-)	ESFERA
UD			
UE			
	UD	UE	
AV VL			
AV VP			
	SI	NO	
Ambliopia			
Estrabisme			
Cirurgia ocular			
Dislexia			
Orto-K			
Visió color normal?			
SC normal?			
PPC<10cm?			
PPA <10cm?			
CT	VL:	VP:	
OBSERVACIONS:			
FIRMA:			

ANEXO 3: Tablas de aleatoriedad

Ficha 1	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Neutro	Prisma 2BN	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo
	Lente +0,5	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul
	Lente -1,00	Prisma 5BT	Filtro bueno		
	Lente -0,50	Prisma 2BT	neutro		
	Lente +1,00				
Ficha 2	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Lente -1,00	Prisma 2BT	Filtro bueno	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo
	Lente -0,50	Prisma 2BN	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul
	Neutro	Prisma 5BN	Filtro blanco		
	Lente +0,5	Prisma 5BT	Filtro malo		
	Lente +1,00				
Ficha 3	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Lente +1,00	Prisma 5BT	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul
	Neutro	Prisma 5BN	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo
	Lente -0,50	Prisma 2BT	Filtro bueno		
	Lente -1,00	Prisma 2BN	Filtro malo		
	Lente +0,5				
Ficha 4	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Lente +0,5	Prisma 2BT	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul
	Lente +1,00	Prisma 5BT	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo
	Lente -1,00	Prisma 2BN	Filtro bueno		
	Lente -0,50	Prisma 5BN	neutro		
	Neutro				
Ficha 5	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Lente -0,50	Prisma 2BT	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo
	Lente -1,00	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul
	Lente +1,00	Prisma 2BN	Filtro bueno		
	Neutro	Prisma 5BT	Filtro blanco		
	Lente +0,5				
Ficha 6	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Lente -0,50	Prisma 2BT	Filtro bueno	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo
	Lente -1,00	Prisma 5BN	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul
	Lente +1,00	Prisma 2BN	neutro		
	Neutro	Prisma 5BT	Filtro malo		
	Lente +0,5				
Ficha 7	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Neutro	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul
	Lente -1,00	Prisma 2BN	neutro	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo
	Lente +1,00	Prisma 2BT	Filtro bueno		
	Lente -0,50	Prisma 5BT	Filtro blanco		
	Lente +0,5				
Ficha 8	LENTES	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla
	Neutro	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul
	Lente -1,00	Prisma 2BT	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo
	Lente +1,00	Prisma 5BT	Filtro bueno		
	Lente -0,50	Prisma 2BN	neutro		
	Lente +0,5				
Ficha 9	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTES
	Prisma 2BT	Filtro malo	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Lente +0,5
	Prisma 5BT	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente +1,00
	Prisma 2BN	Filtro bueno			Lente -1,00
	Prisma 5BN	neutro			Lente -0,50
					Neutro
Ficha 10	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTES
	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Neutro
	Prisma 2BN	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00
	Prisma 2BT	Filtro bueno			Lente +1,00
	Prisma 5BT	Filtro blanco			Lente -0,50
					Lente +0,5
Ficha 11	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTES
	Prisma 2BT	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente -0,50
	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Lente -1,00
	Prisma 2BN	Filtro bueno			Lente +1,00
	Prisma 5BT	Filtro blanco			Neutro
					Lente +0,5
Ficha 12	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTES
	Prisma 2BN	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Neutro
	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Lente +0,5
	Prisma 5BT	Filtro bueno			Lente -1,00
	Prisma 2BT	neutro			Lente -0,50
					Lente +1,00

Ficha 13	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE
	Prisma 2BT	Filtro bueno	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Lente -0,50
	Prisma 5BN	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00
	Prisma 2BN	neutro			Lente +1,00
	Prisma 5BT	Filtro malo			Neutro
					Lente +0,5
Ficha 14	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE
	Prisma 5BN	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Neutro
	Prisma 2BT	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00
	Prisma 5BT	Filtro bueno			Lente +1,00
	Prisma 2BN	neutro			Lente -0,50
					Lente +0,5
Ficha 15	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE
	Prisma 5BT	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente +1,00
	Prisma 5BN	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Neutro
	Prisma 2BT	Filtro bueno			Lente -0,50
	Prisma 2BN	Filtro malo			Lente -1,00
					Lente +0,5
Ficha 16	PRISMAS	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE
	Prisma 2BT	Filtro bueno	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00
	Prisma 2BN	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Lente -0,50
	Prisma 5BN	Filtro blanco			Neutro
	Prisma 5BT	Filtro malo			Lente +0,5
					Lente +1,00
Ficha 17	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	Filtro bueno	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Lente -0,50	Prisma 2BT
	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00	Prisma 5BN
	neutro			Lente +1,00	Prisma 2BN
	Filtro malo			Neutro	Prisma 5BT
				Lente +0,5	
Ficha 18	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Lente +0,5	Prisma 2BT
	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente +1,00	Prisma 5BT
	Filtro bueno			Lente -1,00	Prisma 2BN
	neutro			Lente -0,50	Prisma 5BN
				Neutro	
Ficha 19	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	Filtro malo	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Neutro	Prisma 5BN
	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Lente -1,00	Prisma 2BT
	Filtro bueno			Lente +1,00	Prisma 5BT
	neutro			Lente -0,50	Prisma 2BN
				Lente +0,5	
Ficha 20	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	Filtro bueno	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00	Prisma 2BT
	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Lente -0,50	Prisma 2BN
	Filtro blanco			Neutro	Prisma 5BN
	Filtro malo			Lente +0,5	Prisma 5BT
				Lente +1,00	
Ficha 21	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	Filtro malo	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Neutro	Prisma 5BN
	neutro	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente -1,00	Prisma 2BN
	Filtro bueno			Lente +1,00	Prisma 2BT
	Filtro blanco			Lente -0,50	Prisma 5BT
				Lente +0,5	
Ficha 22	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Neutro	Prisma 2BN
	Filtro malo	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente +0,5	Prisma 5BN
	Filtro bueno			Lente -1,00	Prisma 5BT
	neutro			Lente -0,50	Prisma 2BT
				Lente +1,00	
Ficha 23	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	neutro	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla color Azul	Lente -0,50	Prisma 2BT
	Filtro malo	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla amarillo	Lente -1,00	Prisma 5BN
	Filtro bueno			Lente +1,00	Prisma 2BN
	Filtro blanco			Neutro	Prisma 5BT
				Lente +0,5	
Ficha 24	FILTROS	SC	Fondo pantalla	LENTE	PRISMAS
	neutro	Sensibilidad al contraste baja	Fondo pantalla color Azul	Lente +1,00	Prisma 5BT
	Filtro blanco	Sensibilidad al contraste alta	Fondo pantalla amarillo	Neutro	Prisma 5BN
	Filtro bueno			Lente -0,50	Prisma 2BT
	Filtro malo			Lente -1,00	Prisma 2BN
				Lente +0,5	

ANEXO 4: Textos

Text 10:

Leí en algún lugar que un tren puede arrancarte la ropa al impactar con tu cuerpo. No es tan inusual, morir atropellada por un tren. Dicen que sucede unas doscientas o trescientas veces al año; es decir, al menos uno de cada dos días. No estoy segura de cuántas de estas muertes son accidentales. Al pasar lentamente junto a la ropa, miro si hay algún resto de sangre, pero no veo ninguno. Como es habitual, el tren se detiene en el semáforo y veo a Sara en el patio, de pie delante de las puertas correderas. Lleva un vestido con un estampado de color claro y los pies desnudos. Está mirando hacia la casa por encima del hombro. Mientras el tren se vuelve a poner en marcha, mantengo la mirada puesta en Sara.

Text 11:

No quiero ver las otras casas; en particular, no quiero ver la que hay cuatro puertas más abajo, la que era mía. Viví en el número 23 de Toledo durante 5 años, un periodo dichosamente feliz y absolutamente desgraciado. Ahora no puedo mirarla. Fue mi primera casa. No la de mis padres ni un piso compartido con otros estudiantes: mi primera casa. Ahora no soporto mirarla. Bueno, sí puedo, lo hago, quiero hacerlo, no quiero hacerlo, intento no hacerlo. Cada día, me digo a mí misma que no debo mirarla y cada día lo hago. No puedo evitarlo, a pesar de que ahí no hay nada que quiera ver y de que todo lo que vea me dolerá; a pesar de que recuerdo claramente cómo me sentí la vez que la miré y advertí que el estor de color crema del dormitorio de arriba había cambiado.

Text 12:

A pesar de que todavía recuerdo el dolor que sentí cuando, al ver a Anna regando los rosales de la cerca, reparé en su prominente barriga de embarazada debajo de la camiseta y me mordí el labio con tal fuerza que me hice sangre. Cierro los ojos y cuento hasta diez, quince, veinte. Ya está, ya ha pasado, ya no hay nada que ver. Entramos en la estación de un pueblo y luego volvemos a salir y el tren comienza a ganar velocidad a medida que los suburbios dan paso al sucio norte de Madrid y las casas con terraza son reemplazadas por puentes llenos de grafitis y edificios vacíos con las ventanas rotas. Cuanto más cerca estamos del siguiente pueblo, más inquieta me siento. Aumenta la presión: ¿qué tal será el día de hoy?

Text 13:

Unos quinientos metros antes de que lleguemos al pueblo, en el lado derecho de las vías, hay un sucio edificio bajo de hormigón. En un laterla, alguien ha pintado: "LA VIDA NO ES UN PÁRRAFO". Pienso en la pila de ropa a un lado de las vías y siento un nudo en la garganta. La vida no es un párrafo y la muerte no es un

paréntesis. Cada vez hace más calor. Apenas son las ocho y media y el calor ya aprieta y la humedad es altísima. Me gustaría que cayera una tormenta, pero hoy el cielo es de un insolente, pálido y acuoso azul. Me seco el sudor del labio superior. Desearía haberme acordado de comprar una botella de agua. Esta mañana no veo a Jose y a Sara y siento una profunda decepción. Es una tontería, ya lo sé.

ANEXO 5: Preguntas de la comprensión lectora de los textos

Text 10:

Pregunta-¿A quién ve cuando se detiene el tren?

Respuesta-A Sara

Text 11:

Pregunta-¿De qué color era la habitación?

Respuesta-Crema

Text 12:

Pregunta-¿A qué parte de Madrid va? (N,S,E,O)

Respuesta-Norte

Text 13:

Pregunta-¿Qué hora es?

Respuesta-8:30h

ANEXO 6: Tabla de repetitividad entre las medidas en condiciones habituales 1 y 2

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
duració_Lectura_s	Entre grupos	5,427	1	5,427	,207	,651
	Dentro de grupos	1415,375	54	26,211		
	Total	1420,802	55			
N_Fix	Entre grupos	100,479	1	100,479	,289	,593
	Dentro de grupos	18778,503	54	347,750		
	Total	18878,982	55			
Duració_de_la_fixació	Entre grupos	27,449	1	27,449	,031	,862
	Dentro de grupos	48532,329	54	898,747		
	Total	48559,778	55			
Longitud_Fix	Entre grupos	,007	1	,007	,002	,967
	Dentro de grupos	220,544	54	4,084		
	Total	220,552	55			
Ampl_Fix_characters	Entre grupos	,245	1	,245	,211	,648
	Dentro de grupos	62,781	54	1,163		
	Total	63,026	55			
N_Fix_100paraules	Entre grupos	72,469	1	72,469	,289	,593
	Dentro de grupos	13543,757	54	250,810		
	Total	13616,226	55			
N_Sac	Entre grupos	45,341	1	45,341	,267	,607
	Dentro de grupos	9156,874	54	169,572		
	Total	9202,214	55			
Duració_Sac	Entre grupos	35,514	1	35,514	,721	,399
	Dentro de grupos	2658,877	54	49,238		
	Total	2694,391	55			
Amplada_X_Sac	Entre grupos	4,980	1	4,980	,021	,885
	Dentro de grupos	12719,858	54	235,553		
	Total	12724,838	55			
Amplada_Y_Sac	Entre grupos	,463	1	,463	,064	,802
	Dentro de grupos	386,108	53	7,285		
	Total	386,571	54			
AmpladaY_Sac_abs	Entre grupos	6,244	1	6,244	1,282	,263
	Dentro de grupos	258,121	53	4,870		
	Total	264,365	54			
Velocitat_mitja_Sac	Entre grupos	2,071	1	2,071	,021	,886
	Dentro de grupos	5343,749	54	98,958		
	Total	5345,820	55			

Ampl_Sac_characters	Entre grupos	,087	1	,087	,059	,809
	Dentro de grupos	79,316	54	1,469		
	Total	79,403	55			
N_Reg	Entre grupos	65,522	1	65,522	,833	,366
	Dentro de grupos	4248,460	54	78,675		
	Total	4313,982	55			
Duració_Reg	Entre grupos	23,855	1	23,855	,387	,536
	Dentro de grupos	3328,511	54	61,639		
	Total	3352,366	55			
Amplada_X_Reg	Entre grupos	1257,062	1	1257,062	2,661	,109
	Dentro de grupos	25511,262	54	472,431		
	Total	26768,323	55			
AmpladaX_reg_abs	Entre grupos	1257,062	1	1257,062	2,661	,109
	Dentro de grupos	25511,262	54	472,431		
	Total	26768,323	55			
Amplada_Y_Reg	Entre grupos	12,562	1	12,562	,760	,387
	Dentro de grupos	892,791	54	16,533		
	Total	905,353	55			
AmpladaY_reg_abs	Entre grupos	4,965	1	4,965	,584	,448
	Dentro de grupos	459,278	54	8,505		
	Total	464,242	55			
Velocitat_Reg	Entre grupos	241,273	1	241,273	2,910	,094
	Dentro de grupos	4477,994	54	82,926		
	Total	4719,267	55			
Percent_Reg	Entre grupos	75,549	1	75,549	1,420	,239
	Dentro de grupos	2872,068	54	53,186		
	Total	2947,617	55			
N_Salts	Entre grupos	,018	1	,018	,023	,880
	Dentro de grupos	41,982	54	,777		
	Total	42,000	55			
Duració_Salts	Entre grupos	349,111	1	349,111	2,934	,092
	Dentro de grupos	6426,130	54	119,002		
	Total	6775,241	55			
Amplada_X_Salts	Entre grupos	43,456	1	43,456	,031	,861
	Dentro de grupos	75583,707	54	1399,698		
	Total	75627,164	55			
AmpladaX_Salts_abs	Entre grupos	43,456	1	43,456	,031	,861
	Dentro de grupos	75583,707	54	1399,698		
	Total	75627,164	55			
Amplada_Y_Salts	Entre grupos	93,109	1	93,109	,469	,496
	Dentro de grupos	10712,611	54	198,382		

	Total	10805,720	55			
Velocitat_mitja_Salt	Entre grupos	55,534	1	55,534	,203	,654
	Dentro de grupos	14746,468	54	273,083		
	Total	14802,002	55			
AmpladaY_Salts_abs	Entre grupos	,437	1	,437	,003	,955
	Dentro de grupos	7329,762	54	135,736		
	Total	7330,199	55			

ANEXO 7: Tabla de correlaciones entre las variables de los movimientos oculares durante la lectura

Correlaciones

		duració _Lectura_s	N_Fi x	Duració _de_la_f ixació	Longitu d_Fix	Ampl_Fi x_caract ers	N_Fix_1 00paraules	N_S ac	Duració _Sac	Amplad a_X_Sa c	Amplad a_Y_Sa c	Amplad aY_Sac _abs
duració_Lectura_s	Correlación de Pearson	1	,823 [*]	,586 ^{**}	,043	-,795 ^{**}	,823 ^{**}	,517 [*]	-,090	,026	,025	-,063
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,581	,000	,000	,000	,243	,733	,744	,421
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
N_Fix	Correlación de Pearson	,823 ^{**}	1	,081	-,134	-,968 ^{**}	1,000 ^{**}	,754 [*]	-,258 ^{**}	-,076	,162 [*]	-,157 [*]
	Sig. (bilateral)	,000		,297	,083	,000	,000	,000	,001	,325	,036	,042
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Duració_de_la_fixació	Correlación de Pearson	,586 ^{**}	,081	1	,174 [*]	-,098	,081	-,129	-,032	,145	-,139	,078
	Sig. (bilateral)	,000	,297		,024	,206	,297	,097	,683	,060	,073	,319
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Longitud_Fix	Correlación de Pearson	,043	-,134	,174 [*]	1	,239 ^{**}	-,134	,338 [*]	,250 ^{**}	,266 ^{**}	-,211 ^{**}	,202 ^{**}
	Sig. (bilateral)	,581	,083	,024		,002	,083	,000	,001	,000	,006	,009
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Ampl_Fix_caracters	Correlación de Pearson	-,795 ^{**}	-,968 ^{**}	-,098	,239 ^{**}	1	-,968 ^{**}	,769 [*]	,285 ^{**}	,113	-,159 [*]	,145
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,206	,002		,000	,000	,000	,146	,040	,061
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
N_Fix_100paraules	Correlación de Pearson	,823 ^{**}	1,000 ^{**}	,081	-,134	-,968 ^{**}	1	,754 [*]	-,258 ^{**}	-,076	,162 [*]	-,157 [*]
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,297	,083	,000		,000	,001	,325	,036	,042

N		168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
N_Sac	Correlación de Pearson	,517**	,754*	-,129	-,338**	-,769**	,754**	1	-,250**	-,443**	,258**	-,270**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,097	,000	,000	,000		,001	,000	,001	,000
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Duració_Sac	Correlación de Pearson	-,090	-,258*	-,032	,250**	,285**	-,258**	,250*	1	,096	-,253**	,245**
	Sig. (bilateral)	,243	,001	,683	,001	,000	,001	,001		,215	,001	,001
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Amplada_X_Sac	Correlación de Pearson	,026	-,076	,145	,266**	,113	-,076	,443*	,096	1	-,371**	,358**
	Sig. (bilateral)	,733	,325	,060	,000	,146	,325	,000	,215		,000	,000
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Amplada_Y_Sac	Correlación de Pearson	,025	,162*	-,139	-,211**	-,159*	,162*	,258*	-,253**	-,371**	1	-,764**
	Sig. (bilateral)	,744	,036	,073	,006	,040	,036	,001	,001	,000		,000
	N	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
Amplada_Y_Sac_abs	Correlación de Pearson	-,063	-,157*	,078	,202**	,145	-,157*	,270*	,245**	,358**	-,764**	1
	Sig. (bilateral)	,421	,042	,319	,009	,061	,042	,000	,001	,000	,000	
	N	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
Velocitat_mitja_Sac	Correlación de Pearson	-,053	-,107	,129	-,009	,114	-,107	,398*	-,208**	,826**	-,200**	,188*
	Sig. (bilateral)	,494	,166	,095	,904	,143	,166	,000	,007	,000	,010	,015
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Ampl_Sac_caracters	Correlación de Pearson	-,546**	-,760*	,080	,402**	,805**	-,760**	,976*	,250**	,412**	-,252**	,253**

	Sig. (bilateral)	,000	,000	,305	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,001	,001
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
N_Reg	Correlación de Pearson	,560**	,644*	,169*	,046	-,590**	,644**	,179*	-,202**	,282**	,004	,066
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,028	,554	,000	,000	,020	,009	,000	,957	,396
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Duració_Reg	Correlación de Pearson	,146	,102	,044	,223**	-,112	,102	,087	,168*	,202**	-,132	,164*
	Sig. (bilateral)	,059	,189	,570	,004	,148	,189	,260	,030	,009	,088	,034
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
AmpladaX_re g_abs	Correlación de Pearson	,245**	,215*	,104	,102	-,222**	,215**	,228*	-,016	,281**	-,089	,064
	Sig. (bilateral)	,001	,005	,179	,187	,004	,005	,003	,839	,000	,255	,412
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
AmpladaY_re g_abs	Correlación de Pearson	-,024	-,071	,001	,027	,062	-,071	-,039	,119	,191*	-,126	,204**
	Sig. (bilateral)	,759	,359	,989	,726	,422	,359	,615	,123	,013	,105	,008
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Velocitat_Re g	Correlación de Pearson	,201**	,160*	,144	,064	-,164*	,160*	,133	-,105	,126	-,058	,001
	Sig. (bilateral)	,009	,039	,063	,411	,034	,039	,087	,176	,103	,455	,994
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Percent_Reg	Correlación de Pearson	,413**	,436*	,207**	,111	-,402**	,436**	-,080	-,148	,377**	-,061	,142
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,007	,151	,000	,000	,305	,056	,000	,432	,068
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
N_Salts	Correlación de Pearson	,144	,169*	,026	,123	-,170*	,169*	,134	-,154*	,097	,089	-,101
	Sig. (bilateral)	,062	,028	,736	,113	,027	,028	,083	,046	,212	,252	,196
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167

Duració_Salts	Correlación de Pearson	-,020	-,067	-,055	,096	,092	-,067	-,056	,084	-,082	-,037	,075
	Sig. (bilateral)	,799	,385	,479	,217	,234	,385	,468	,281	,288	,636	,334
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
AmpladaX_Salts_abs	Correlación de Pearson	-,035	-,081	,086	-,076	,067	-,081	-,124	,128	,233**	-,214**	,202**
	Sig. (bilateral)	,651	,294	,265	,330	,385	,294	,109	,099	,002	,005	,009
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
Velocitat_mitjana_Salts	Correlación de Pearson	-,150	-,118	,008	-,282**	,068	-,118	-,094	,075	,086	-,105	,132
	Sig. (bilateral)	,052	,129	,915	,000	,383	,129	,225	,334	,267	,177	,089
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167
AmpladaY_Salts_abs	Correlación de Pearson	-,132	-,183*	,018	,051	,192*	-,183*	-,209*	,106	,127	-,491**	,518**
	Sig. (bilateral)	,087	,018	,821	,514	,013	,018	,007	,173	,102	,000	,000
	N	168	168	168	168	168	168	168	168	168	167	167

ANEXO 8: Estudio de la varianza de los efectos prismáticos en el retardo acomodativo

ANOVA

RETARD

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,661	5	,132	,241	,944
Dentro de grupos	75,823	138	,549		
Total	76,484	143			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: RETARD

Bonferroni

(I) CONDICIÓN	(J) CONDICIÓN	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
2 BN	2 BT	,04208	,21398	1,000	-,5971	,6813
	5 BN	-,03083	,21398	1,000	-,6700	,6084
	5 BT	,14521	,21398	1,000	-,4940	,7844
	Habitual 1	-,03104	,21398	1,000	-,6702	,6081
	Habitual 2	-,05917	,21398	1,000	-,6984	,5800
2 BT	2 BN	-,04208	,21398	1,000	-,6813	,5971
	5 BN	-,07292	,21398	1,000	-,7121	,5663
	5 BT	,10312	,21398	1,000	-,5361	,7423
	Habitual 1	-,07313	,21398	1,000	-,7123	,5661
	Habitual 2	-,10125	,21398	1,000	-,7404	,5379
5 BN	2 BN	,03083	,21398	1,000	-,6084	,6700
	2 BT	,07292	,21398	1,000	-,5663	,7121
	5 BT	,17604	,21398	1,000	-,4631	,8152
	Habitual 1	-,00021	,21398	1,000	-,6394	,6390
	Habitual 2	-,02833	,21398	1,000	-,6675	,6109
5 BT	2 BN	-,14521	,21398	1,000	-,7844	,4940
	2 BT	-,10312	,21398	1,000	-,7423	,5361
	5 BN	-,17604	,21398	1,000	-,8152	,4631
	Habitual 1	-,17625	,21398	1,000	-,8154	,4629
	Habitual 2	-,20438	,21398	1,000	-,8436	,4348
Habitual 1	2 BN	,03104	,21398	1,000	-,6081	,6702
	2 BT	,07313	,21398	1,000	-,5661	,7123
	5 BN	,00021	,21398	1,000	-,6390	,6394
	5 BT	,17625	,21398	1,000	-,4629	,8154
	Habitual 2	-,02813	,21398	1,000	-,6673	,6111
Habitual 2	2 BN	,05917	,21398	1,000	-,5800	,6984

2 BT	,10125	,21398	1,000	-,5379	,7404
5 BN	,02833	,21398	1,000	-,6109	,6675
5 BT	,20438	,21398	1,000	-,4348	,8436
Habitual 1	,02813	,21398	1,000	-,6111	,6673

ANEXO 9: Estudio de la varianza y post-Hoc de Bonferroni de los efectos prismáticos en los movimientos oculares durante la lectura

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
duració_Lectura_s	Entre grupos	112,809	5	22,562	,643	,667
	Dentro de grupos	5682,222	162	35,075		
	Total	5795,031	167			
N_Fix	Entre grupos	2120,580	5	424,116	1,018	,409
	Dentro de grupos	67466,253	162	416,458		
	Total	69586,833	167			
Duració_de_la_fixació	Entre grupos	475,555	5	95,111	,117	,989
	Dentro de grupos	132132,532	162	815,633		
	Total	132608,087	167			
Longitud_Fix	Entre grupos	7,313	5	1,463	,283	,922
	Dentro de grupos	837,172	162	5,168		
	Total	844,485	167			
Ampl_Fix_characters	Entre grupos	4,510	5	,902	,737	,597
	Dentro de grupos	198,289	162	1,224		
	Total	202,799	167			
N_Fix_100paraules	Entre grupos	1529,441	5	305,888	1,018	,409
	Dentro de grupos	48659,177	162	300,365		
	Total	50188,619	167			
N_Sac	Entre grupos	873,055	5	174,611	1,190	,317
	Dentro de grupos	23779,516	162	146,787		
	Total	24652,571	167			
Duració_Sac	Entre grupos	96,166	5	19,233	,277	,925
	Dentro de grupos	11250,842	162	69,450		

	Total	11347,008	167			
Amplada_X_Sac	Entre grupos	403,505	5	80,701	,538	,748
	Dentro de grupos	24316,437	162	150,101		
	Total	24719,943	167			
Amplada_Y_Sac	Entre grupos	328,392	5	65,678	7,993	,000
	Dentro de grupos	1322,911	161	8,217		
	Total	1651,303	166			
AmpladaY_Sac_abs	Entre grupos	221,525	5	44,305	10,401	,000
	Dentro de grupos	685,806	161	4,260		
	Total	907,330	166			
Velocitat_mitja_Sac	Entre grupos	176,684	5	35,337	,569	,724
	Dentro de grupos	10064,972	162	62,129		
	Total	10241,656	167			
Ampl_Sac_characters	Entre grupos	7,931	5	1,586	1,019	,408
	Dentro de grupos	252,076	162	1,556		
	Total	260,008	167			
N_Reg	Entre grupos	5169,981	5	1033,996	14,678	,000
	Dentro de grupos	11411,995	162	70,444		
	Total	16581,976	167			
Duració_Reg	Entre grupos	38,076	5	7,615	,192	,965
	Dentro de grupos	6414,712	162	39,597		
	Total	6452,788	167			
AmpladaX_reg_abs	Entre grupos	1327,311	5	265,462	,907	,478
	Dentro de grupos	47405,477	162	292,626		
	Total	48732,788	167			
AmpladaY_reg_abs	Entre grupos	154,398	5	30,880	5,011	,000
	Dentro de grupos	998,340	162	6,163		
	Total	1152,737	167			

Velocitat_Reg	Entre grupos	276,145	5	55,229	,720	,609
	Dentro de grupos	12429,064	162	76,723		
	Total	12705,209	167			
Percent_Reg	Entre grupos	3983,203	5	796,641	20,137	,000
	Dentro de grupos	6409,034	162	39,562		
	Total	10392,238	167			
N_Salts	Entre grupos	6,280	5	1,256	3,621	,004
	Dentro de grupos	56,196	162	,347		
	Total	62,476	167			
Duració_Salts	Entre grupos	3338,362	5	667,672	3,793	,003
	Dentro de grupos	28516,421	162	176,027		
	Total	31854,783	167			
AmpladaX_Salts_abs	Entre grupos	8893,474	5	1778,695	1,804	,115
	Dentro de grupos	159702,815	162	985,820		
	Total	168596,289	167			
Velocitat_mitja_Salt	Entre grupos	1212,432	5	242,486	,831	,530
	Dentro de grupos	47288,785	162	291,906		
	Total	48501,217	167			
AmpladaY_Salts_abs	Entre grupos	15584,160	5	3116,832	22,483	,000
	Dentro de grupos	22457,893	162	138,629		
	Total	38042,053	167			